CURIERUL de Fizică nr 78

Publicația Fundației Horia Hulubei și a Societății Române de Fizică • Anul XXV • Nr. 3 (78) • Decembrie 2014

Curierul de Fizică își propune să se adreseze întregii comunități științifice/universitare din țară și diaspora !

Descoperiri științifice excepționale ale unor savanți români menționate în

Cursul de Fizică Teoretică: L. D. Landau, E. M. Lifshitz

Voi prezenta pe scurt în cele ce urmează câteva date biografice, precum și unele realizări profesionale de excepție ale unor personalități științifice românești, care au cunoscut o remarcabilă recunoaștere internațională: Radu Bălescu, Elie Carafoli, Alexandru Proca și Șerban Țițeica.

Radu Bălescu (n. 1932 – d. 2006), Membru de Onoare al Academiei Române (din anul 1990), a fost un fizician român de talie mondială, un specialist de marcă în domeniul Fizicii Plasmei. A studiat la liceul "Titu Maiorescu", București, în perioada 1943-1948. Apoi a studiat Chimia în cadrul l'Université Libre de Bruxelles, în perioada 1950-1958, obținând titlul academic de Doctor în Științe (PhD) în anul 1958. Din anul 1957 a lucrat în calitate de Asistent al celebrului om de știință Ilya Prigogine, laureat al Premiului Nobel pentru Chimie în anul 1977 pentru contribuții originale în studiul structurilor disipative și în evidențierea rolului lor în descrierea sistemelor termodinamice departe de echilibru. În anul 1964 a devenit Profesor Titular la l'Université Libre de Bruxelles. În anul 2000 a obținut prestigiosul premiu Hannes Alfvén acordat de Societatea Europeană de Fizică (Plasma Physics Division) pentru "his outstanding scientific work in the field of statistical physics of charged particles and of controlled fusion"; a se vedea *Plasma Physics and Controlled Fusion* **42**, Issue 12B, December 2000 [1]. Radu Bălescu este recunoscut în comunitatea științifică mondială pentru remarcabilele sale contribuții în domeniul Mecanicii Statistice, în special pentru studiul fenomenelor fizice în sistemele termodinamice departe de echilibru [2]. A adus contribuții de seamă în domeniul fizicii plasmei, a se vedea monografiile [3]-[4]. Este cunoscut în literatura de specialitate pentru faimosul operator de ciocnire Bălescu-Lenard ("Balescu-Lenard collision operator") care a fost introdus în anul 1960 pentru studiul fenomenelor de transport în plasmă, în mod independent de către Radu Bălescu și celebrul fizician american Andrew Lenard, de la Princeton University, Princeton, New Jersey, USA [5]-[6]. În literatura științifică de specialitate apar în mod frecvent următoarele concepte care demonstrează într-un mod elocvent impactul deosebit al operei științifice remarcabile a lui Radu Bălescu în descrierea unor fenomene în fizica plasmei, în fizica nucleară la energii înalte (studiul ciocnirii ionilor relativiști), etc.: "Balescu-Lenard-Vlasov approach" [7], "Braginskii and Balescu kinetic coefficients" [8], "the Lenard-Balescu equation" [9], "generalized Balescu-Lenard transport formalism" [10], "Balescu-Lenard-type kinetic equation" [11], "Balescu-Lenard master equation" [12], "Lenard-Balescu collision operator" [13], "generalized Lenard-Balescu collision operator" [14], etc.

În volumul "*Physical Kinetics*" al lui Landau și Lifshitz [15], care a fost publicat pentru prima dată în limba engleză în anul 1981 la Editura Pergamon Press, U.K., în Cap. 47, "*Interaction via plasma waves*", pag. 193, este dată expresia matematică a integralei de ciocnire Balescu-Lenard (*Balescu-Lenard collision integral*) care este o formă specială a integralei de ciocnire a lui Landau. Acest concept introdus pentru prima dată de Radu Bălescu și independent de el, de fizicianul american Andrew Lenard, este menționat pe larg și în cadrul Cap. 51, "*Fluctuations in plasma*", la pag. 216.

[1] http://iopscience.iop.org/0741-3335/42/12B/002

[2] R. Balescu, *Equilibrium and Non-Equilibrium Statistical*

continuare în pag. 2 ➲

Din CUPRINS

5	D. R. GRIGORE	Fizica secolului 20
7	Corina SIMION	Laboratorul de datare cu C-14 – în căutarea unui Cod de onoare
12	Gh. VĂSARU	Energia nucleară și dezvoltarea durabilă
17	Mircea Morariu	Physics Web

Nota Redacției O scriere semnată, menționată aici sau inserată în paginile publicației, poartă responsabilitatea autorului. Celelalte note – nesemnate – ca și editorialul, sunt scrise de către redacție și reprezintă punctul de vedere al acesteia.

EDITURA HORIA HULUBEI

*Mechanic*s, John Wiley & Sons, 1975.
[3] R. Balescu, *Statistical mechanics of charged particles*, Interscience Publishers, Inc., London, 1963.
[4] R. Balescu, *Aspects of Anomalous Transport in Plasmas*, IOP Publishers, Bristol, 2005.
[5] R. Balescu, *Irreversible processes in ionized gases*, Phys. Fluids **3**, 52-63 (1960).
[6] A. Lenard, *On Bogoliubov's kinetic equation for a spatially homogeneous plasma*, Ann. Phys. **10**, 390-400 (1960).
[7] A. Bonasera, *Color dynamics in phase-space: The Balescu-Lenard-Vlasov approach*, Nucl. Phys. A **681**, 64C-71C (2001).
[8] A. Kotelnikov, *Braginskii and Balescu kinetic coefficients for electrons in Lorentzian plasma*, Plasma Phys. Reports **38**, 608-619 (2012).
[9] D. G. Swanson, *The Lenard-Balescu equation,* în "Plasma Kinetic Theory", Book Series in Plasma Physics, pp. 39-68, CRC Press, Boca Raton, USA, 2008.
[10] R. Gatto, H. E. Mynick, *Theory and application of the generalized Balescu-Lenard transport formalism*, în "Plasma Physics Research Advances", ed. S. P. Gromov, pp. 289-331, Nova Science Publishers, USA, 2009.
[11] J. Heyvaerts, *A Balescu-Lenard-type kinetic equation for the collisional evolution of stable self-gravitating systems*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 407, 355-372 (2010).
[12] M. S. Tall *et al.*, *On projection operator method in statistical mechanics; derivation of the Balescu-Lenard master equation*, Physica A **333**, 168-182 (2004).
[13] P. Ricci, G. Lapenta, *Properties of the Lenard-Balescu collision operator: A numerical study*, Phys. Plasmas **9**, 430-439 (2002).
[14] H. E. Mynick, *The generalized Balescu-Lenard collision operator*, J. Plasma Phys. **39**, 303-317 (1988).
[15] L. P. Pitaevskii, E. M. Lifshitz, *Physical Kinetics*; *Course of Theoretical Physics*, L. D. Landau, E. M. Lifshitz , vol. 10, Pergamon Press, Oxford, 1981.

Elie Carafoli (n. 1901 – d. 1983), membru titular al Academiei de Ştiinţe din România (ales în anul 1937), membru al Academiei Republicii Populare Române (ales în anul 1948), distins cu premiul şi medalia Carl Friedrich Gauss în anul 1970 (oferite de *German Mathematical Union* şi de *International Mathematical Union*), a fost un remarcabil savant român, specialist de talie mondială în domeniul mecanicii fluidelor şi construcţiilor de aeronave [16]-[17]. A absolvit Şcoala Politehnică din Bucureşti, obţinând diploma de inginer electromecanic în anul 1924. A continuat studiile universitare în Franţa la Universitatea din Paris-Sorbonne unde a devenit licenţiat şi doctor în ştiinţe fizico-matematice, lucrând simultan la l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr-l'École. S-a întors în ţară în anul 1928 şi a iniţiat primul curs de Aeronautică la Şcoala Politehnică din Bucureşti, contribuind în mod decisiv la înfiinţarea Facultăţii de Aeronave din Bucureşti. În perioada 1928-1933, a funcţionat în calitate de inginer-şef al Serviciului de studii şi construcţii şi director al Industriei Aeronautice Române (IAR) de la Braşov. A proiectat şi a realizat avioanele româneşti IAR-14 şi IAR-15, având ulterior o contribuţie semnificativă la proiectarea vestitului aparat de zbor IAR-80. Menţionez faptul că IAR-80 a fost un avion monoplan de vânătoare, aflat în dotarea armatei române, care a fost produs în perioada 1939-1943.

În anul 1933 devine profesor titular definitiv la Şcoala Politehnică din Bucureşti, fiind deja recunoscut pe plan internaţional pentru cercetările sale originale privind noi forme de profile de aripă cu vârf rotunjit, care sunt cunoscute în literatura de specialitate drept "profile Carafoli". De asemenea, a avut contribuţii importante în domeniul aerodinamicii supersonice. Elie Carafoli a abordat problema mişcării generale în jurul unui contur şi a efectuat cercetări ample asupra aripilor monoplane şi asupra curgerilor fluidelor în regim supersonic în jurul unor profile conice.

În volumul "*Mécanique de Fluides*" al lui Landau şi Lifchitz [18], care a fost publicat în limba franceză în anul 1971, în Cap. 105, intitulat "Ecoulement autour d'une pointe conique", este citată, în calitate de lucrare de referinţă, monografia lui Elie Carafoli "*High speed aerodynamics* (*Compressible flows*)" [19] publicată în anul 1958 în prestigioasa editură Pergamon Press, U.K., pentru "une étude détaillée de différents problèmes concernant ces écoulements". Aceste tipuri de curgeri autosimilare sunt cunoscute în literatura de specialitate drept "curgeri de tip conic"; a se vedea tratatul lui Landau şi Lifchitz, p. 526 [18].

[16] http://ro.wikipedia.org/wiki/Elie_Carafoli
[17] http://www.aviatori.ro/dict_pers.php?sel=C
[18] L. D. Landau, E. M. Lifchitz, *Mécanique des Fluids*, Éditions Mir, Moscou, 1971, pp. 522-526.
[19] E. Carafoli, *High speed aerodynamics* (*Compressible flows*), Pergamon Press, London, 1958.

Alexandru Proca (n. 1897 – d. 1955) este considerat drept cel mai strălucit fizician român din toate timpurile, care a adus contribuţii substanţiale la dezvoltarea fizicii teoretice în prima jumătate a secolului XX [20]. A fost elev la liceul "Gheorghe Lazăr" din Bucureşti, pe care l-a absolvit în anul 1916. În anul 1917, în perioada Primului Război Mondial, la mobilizarea generală a tinerilor români apţi pentru front, a fost chemat sub drapel, fiind admis la Şcoala Militară pentru Ofiţeri în Rezervă de la Iaşi, de unde a fost trimis pe front în cadrul Trupelor de Geniu, unde a luptat până în Iunie 1918, fiind demobilizat cu gradul de sublocotenent. Acest episod de tinereţe din viaţa lui Alexandru Proca este descris în detaliu de fiul său, Georges A. Proca, în volumul omagial publicat de acesta în anul 1988 [21]. Prefaţa amplă a acestui volum, care a fost scrisă în limba franceză de Georges A. Proca, conţine aspecte inedite, mai puţin cunoscute, din viaţa marelui savant român, precum şi o trecere în revistă a principalelor rezultate ştiinţifice ale lui Alexandru Proca. Sunt publicate în facsimil toate lucrările ştiinţifice ale remarcabilului om de ştiinţă român. Este demn de subliniat faptul că primul text publicat în acest volum este *Scrisoare către tineri*, având autor pe tânărul Alexandru Proca, publicată în numărul din

20 Decembrie 1918 al revistei "DACIA" editată de Al. Vlahuţă şi I. Al. Brătescu-Voineşti. Motto-ul acestui text plin de patriotism, adresat tinerilor români, este semnificativ: *M-ai învăţat, Durere, ce e să ai o ţară.* (*Al. Vlahuţă*)

A absolvit în anul 1922 Şcoala Politehnică din Bucureşti, Secţia Electromecanică, în calitate de şef de promoţie. Este numit asistent universitar la Politehnică; simultan este angajat ca inginer al *Societăţii Electrica* din Câmpina. Este atras de domeniul fizicii teoretice încă din anii studenţiei. Pleacă la Paris în anul 1923 unde absolvă Facultatea de Ştiinţe, Sorbonne. Marie Curie (dublă laureată a Premiului Nobel pentru Fizică în anul 1903 şi pentru Chimie în anul 1911) îi oferă în anul 1925 o primă slujbă de cercetător la *l'Institut du Radium*. Sub îndrumarea celebrei savante în domeniile fizicii şi chimiei, a efectuat cercetări experimentale de fizică nucleară, privind radiaţia β emisă de descendenţii elementului chimic radioactiv thorium (Th). Este atras de domeniul fizicii teoretice şi publică în perioada 1930-1933 o serie de lucrări despre ecuaţia Dirac în revista *C. R. Acad. Sci. Paris*. În anul 1933 a susţinut lucrarea de doctorat; preşedintele comisiei de doctorat a fost Jean Perrin (laureat în anul 1926 al premiului Nobel pentru Fizică) iar cei doi membri examinatori ai comisiei au fost Luis de Broglie (laureat al Premiului Nobel pentru Fizică în anul 1929) şi Léon Brillouin. Alexandru Proca a fost ales în anul 1937 membru corespondent al Academiei de Ştiinţe din România. De asemenea, în anul 1990 a fost ales *post mortem* Membru de Onoare al Academiei Române.

În perioada 1936-1941 a publicat o serie de lucrări teoretice în revistele *J. Phys. Radium* şi *C. R. Acad. Sci. Paris*, a se vedea, de exemplu, referinţele [22]-[25] privind ecuaţiile fundamentale care descriu particulele elementare cunoscute la acea dată, precum şi ecuaţia fundamentală care descrie câmpurile bosonice vectoriale (cu spin 1) masive, cunoscută în literatura de specialitate drept *ecuaţia Proca*. Câmpurile bosonice vectoriale masive guvernează interacţia slabă (electroslabă) şi descriu mezonii cu spin 1. Fizicianul W. Pauli (laureat al premiului Nobel pentru Fizică în anul 1945) elogiază contribuţia fundamentală a lui Proca la teoria câmpurilor bosonice vectoriale masive în lecţia Nobel [W. Pauli, Nobel lecture, December 13, 1946]: "The simplest cases of one-valued fields are the scalar field and a field consisting of a four-vector and an antisymmetric tensor like the potentials and field strengths in Maxwell's theory. While the scalar field is simply fulfilling the usual wave equation of the second order in which the term proportional to m^2 has to be included, the other field has to fulfill *equations due to Proca which are generalization of Maxwell's equations*". Remarc faptul că cititorii interesaţi pot găsi informaţii detaliate privind viaţa şi opera ştiinţifică a marelui savant Alexandru Proca, în excelentele lucrări [26]-[28], elaborate de Prof. Dorin N. Poenaru şi Prof. Alexandru Calboreanu.

În tratatul "*Quantum Electrodynamics*" [29], care constituie Vol. 4 din "Course of Theoretical Physics", autori L. D. Landau, E. M. Lifshitz, care a fost publicat în limba engleză în anul 1982 sub îngrijirea fizicienilor V. B. Berestetskii, E. M. Lifshitz şi L. P. Pitaevskii, care aparţin şcolii de fizică teoretică a lui L. D. Landau, este menţionată contribuţia lui A. Proca la introducerea ecuaţiei de undă pentru particulele cu spin 1. Astfel, în Cap. 14, intitulat "*The wave equation for a particle with spin one*", la pag. 50 apare menţionat A. Proca pentru descoperirea ecuaţiilor de undă care descriu particulele masive cu spin 1 (bosonii vectoriali).

Este bine cunoscut faptul că, în literatura ştiinţifică de specialitate, apar în mod frecvent următoarele concepte care arată pregnant impactul deosebit al operei ştiinţifice de excepţie a lui Alexandru Proca: "Einstein-Proca theory" [30], "Proca action" [31], "Klein-Gordon-Maxwell-Proca systems" [32], "Proca field" [33], "Proca-Maxwell equations" [34], "Proca-Stueckelberg formalism" [35], "Chern-Simons-Proca-Higgs equations" [36], etc.

[20] http://ro.wikipedia.org/wiki/Alexandru_Proca

[21] G. A. Proca, *Alexandre Proca* (1897-1955): *Oeuvre Scientifique Publiée*, S.I.A.G., Roma, 1988.

[22] A. Proca, *Sur la théorie ondulatoire des électrons positifs et négatifs*, J. Phys. Radium **7**, 347-353 (1936).

[23] A. Proca, *Sur la théorie du positon*, C. R. Acad. Sci. Paris **202**, 1366-1368 (1936).

[24] A. Proca, *Sur les equations fondamentales des particules elémentaires*, C. R. Acad. Sci. Paris **202**, 1490-1492 (1936).

[25] A. Proca, *Théorie non relativiste des particules à spin entier*, J. Phys. Radium **9**, 61-66 (1938).

[26] D. N. Poenaru, A. Calboreanu, *Alexandru Proca (1897-1955) and his equation of the massive vector boson field*, Europhysics News **37**, 24-26 (2006).

[27] A. Calboreanu, *The scientific heritage of Alexandru Proca and quantum physics revolution*, Rom. J. Phys. **49**, 3-11 (2004).

[28] http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~poenaru/PROCA/Proca.html (2005); D.N. Poenaru, E-print, physics/0508195, http://arXiv.org, 2005.

[29] V. B. Berestetskii, E. M. Lifshitz, L. P. Pitaevskii, *Quantum Electrodinamics*; *Course of Theoretical Physics*, L. D. Landau, E. M. Lifshitz, vol. 4, Pergamon Press, Oxford, 1982.

[30] S. Z. Yang *et al.*, *Hawking radiation of black hole in Einstein-Proca theory*, Int. J. Theor. Phys. **53**, 1710-1716 (2014).

[31] L. Heisenberg, *Generalization of the Proca action*, J. Cosmology Astroparticle Phys. **5**, 015 (2014).

[32] E. Hebei, T. T. Truong, *Static Klein-Gordon-Maxwell-Proca systems in 4-dimensional closed manifolds*, J. Reine Angewandte Mathematik **667**, 221-248 (2012).

[33] M. J. Wang *et al.*, *Hawking radiation for a Proca field in D dimensions. II. Charged field in a brane charged black hole*, Phys. Rev. D **87**, 044011 (2013).

[34] T. Tolan *et al.*, *Octonic form of Proca-Maxwell's equations and relativistic derivation of electromagnetism*, Int. J. Theor. Phys. **52**, 4488-4506 (2013).

[35] H. Nishino, S. Rajpoot, *Variant N=1 supersymmetric non-Abelian Proca-Sctueckelberg formalism in four dimensions*, Nucl. Phys. B **872**, 213-227 (2013).

[36] H. Huh, *The Cauchy problem for Chern-Simons-Proca-Higgs equations*, Lett. Math. Phys. **91**, 29-44 (2010).

Şerban Ţiţeica (n. 1908 – d. 1985), personalitate marcantă a fizicii româneşti, fondatorul şcolii de Fizică Teoretică din România, a absolvit liceul "Mihai Viteazul" din Bucureşti în anul 1926, iar în perioada 1926-1929 a efectuat studii strălucite la Facultatea de Ştiinţe a Universităţii din Bucureşti, obţinând două licenţe, în ştiinţe fizico-chimice şi în ştiinţe matematice. În perioada 1930-1934 este doctorand la Universitatea din Leipzig, unde pregăteşte teza de doctorat sub îndrumarea celebrului fizician german Werner Heisenberg (n. 1901 – d. 1976), laureat al premiului Nobel în anul 1932 "for the creation of quantum mechanics". Teza de doctorat, intitulată *Über die Widerstänsanderung von Metallen im Magnetfeld (Despre modificarea rezistenţei metalelor în câmp magnetic)*, a fost susţinută în anul 1934 şi a fost publicată integral în revista *Annalen der Physik (Leipzig)* în anul 1935 [37]. Lucrarea de doctorat a fost apreciată în referatele întocmite de Werner Heisenberg şi Friedrich Hund cu nota II (*gut*). Examenul oral de doctorat l-a susţinut cu Werner Heisenberg (Fizică), Bartel Leendert van der Waerden (Matematică) şi Ludwig Weickmann (Geofizică), obţinând cel mai înalt calificativ: I (*ausgezeichnet*). În teza de doctorat, Şerban Ţiţeica a studiat efectele câmpurilor magnetice statice asupra rezistenţei electrice a metalelor, folosind metodele moderne ale mecanicii statistice cuantice, un domeniu de cercetare de vârf în acea perioadă de avânt a mecanicii cuantice. Astfel, a studiat gazul de electroni în câmp magnetic şi în interacţiune cu oscilaţiile armonice ale reţelei cristaline aflată în echilibru termic. A stabilit o expresie analitică a variaţiei rezistenţei electrice a metalelor în câmpuri magnetice, care astăzi este numită *formula Ţiţeica*, a se vedea, de exemplu, Yurii A. Firsov, *Small Polarons: Transport Phenomena*, în *Polarons in Advanced Materials*, ed. A. S. Alexandrov, Springer, 2007, unde apare sintagma "*Titeica formula*" la pag. 68. Astfel, teza de doctorat a lui Şerban Ţiţeica a rămas o lucrare fundamentală în literatura de specialitate, care este citată frecvent şi în zilele noastre, o sursă de inspiraţie a multor cercetări ulterioare, atât teoretice, cât şi experimentale. Este de remarcat faptul că lucrarea fundamentală a lui Şerban Ţiţeica a fost imediat preluată şi dezvoltată de către unii dintre marii fizicieni ai secolului XX: Arnold Sommerfeld, Boyd Wheeler Bartlett [Physikalische Zeitschrift **36**, 894-899 (1935)], Friedrich Hund [Annalen der Physik **32**, 102-114 (1938)], şi B. I. Davydov, I. Ya. Pomeranchuk, Journal of Physics-USSR **2**, 147-160 (1940).

În tratatul monumental de Fizică Teoretică al lui L. Landau şi E. M. Lifshitz, Vol. 10, intitulat "*Physical Kinetics*", elaborat de E. M. Lifshitz şi L. P. Pitaevskii, publicat în anul 1981 la Editura Pergamon Press, U.K., în Cap. 90: "*Quantum oscillations of the conductivity of metals in a magnetic field*", pag. 386, este dată expresia matematică a conductivităţii metalelor în câmp magnetic. Acest rezultat ştiinţific remarcabil este atribuit lui Ş. Ţiteica (1935) şi altor doi cercetători sovietici [B. I. Davydov, I. Ya. Pomeranchuk (1939)] care au folosit şi au dezvoltat rezultatele remarcabile obţinute de fizicianul român Şerban Ţiţeica cu patru ani înaintea lor. De altfel, cei doi fizicieni sovietici au citat lucrarea fundamentală a lui Şerban Ţiţeica, în lucrarea lor publicată in limba engleză în anul 1940 [Journal of Physics-USSR **2**, 147-160 (1940)].

Şerban Ţiţeica, o personalitate de excepţională valoare a fizicii româneşti, a avut o largă recunoaştere, atât naţională, cât şi internaţională, fiind ales membru titular al Academiei Române în anul 1955, membru străin al Academiei de Ştiinţe a URSS în anul 1969 şi membru (*auswärtiges Mitglied*) al Academiei Saxone de Ştiinţe din Leipzig în anul 1967.

Opera ştiinţifică completă a marelui fizician român a fost publicată în anul 2008 într-un volum omagial la Editura Academiei Române [38], care a fost editat de Tudor A. Marian, Profesor la Facultatea de Fizică, Universitatea din Bucureşti, unul dintre elevii remarcabili ai lui Şerban Ţiţeica. În încheierea acestei scurte prezentări a activităţii ştiinţifice de o excepţională valoare a marelui fizician român Şerban Ţiţeica, doresc să fac trimitere la referinţele biografice [38]-[41], care prezintă o serie de evocări şi amintiri personale ale unor distinse personalităţi care l-au cunoscut îndeaproape.

[37] Ş. Ţiţeica, *Über die Widerstansänderung von Metallen im Magnetfeld*, Annalen der Physik **22**, 129-161 (1935).
[38] *Şerban Ţiţeica: articole ştiinţifice*, ed. Tudor A. Marian, Editura Academiei Române, Bucureşti, 2008.
[39] Maria Ţiţeica, *Mi-e dor de tata ...*, Curierul de Fizică, Nr. 60, 2008, pp. 4-7.
[40] Tudor A. Marian, *Opera ştiinţifică a Profesorului Şerban Ţiţeica*, Curierul de Fizică, Nr. 65, 2009, pp. 15–17.
[41] Mihai Gavrilă, *Şcoala de fizică cuantică a lui Şerban Ţiţeica*, Curierul de Fizică, Nr. 65, 2009, pp. 4–9.

Aceste evocări privind unele aspecte ale vieţii şi activităţii profesionale ale celor patru personalităţi ştiinţifice de talie internaţională constituie un modest omagiu adus savanţilor români Radu Bălescu, Elie Carafoli, Alexandru Proca şi Şerban Ţiţeica. Am avut onoarea şi privilegiul de a fi unul dintre studenţii lui Şerban Ţiţeica, în calitate de absolvent în anul 1971 al Secţiei de Fizică Teoretică a Facultăţii de Fizică, Universitatea Bucureşti. Am audiat excepţionalele cursuri de Termodinamică, de Complemente de Mecanică Cuantică şi de Teoria Nucleului, predate de Şerban Ţiţeica, personalitate de excepţională valoare a fizicii româneşti, creatorul şcolii de Fizică Teoretică din România. Cu ocazia examenelor respective, nu totdeauna am reuşit să mă ridic la înălţimea aşteptărilor Profesorului nostru. De asemenea, Şerban Ţiţeica a prezidat comisia de examinare a lucrării mele de absolvire a studiilor universitare cu titlul "*Relaţiile de dispersie în Electrodinamica Cuantică şi aplicaţiile lor la calculul momentelor magnetice anomale ale electronului şi miuonului*", efectuată sub îndrumarea competentă a Prof. Constantin Vrejoiu. Am constatat cu acel prilej atitudinea încurajatoare şi generozitatea faţă de tinerii absolvenţi ale marelui savant român Şerban Ţiţeica, căruia îi port o recunoştinţă profundă.

Dumitru Mihalache
Departamentul de Fizică Teoretică, IFIN-HH

Fizica secolului 20

Este o întrebare interesantă dacă se poate vorbi despre o „fizică a secolului 21" sau este mai prudent să învățăm cît mai mult din maniera de a face fizică în secolul trecut. Personal consider că secolul trecut are la activ o serie de reușite uriașe, cum ar fi: mecanica cuantică, teoria cuantică a cîmpurilor (împreună cu modelul standard al interacțiilor particulelor elementare), teoria gravitației (împreună cu dezvoltările din cosmologie și astrofizică) etc. Aș zice că bazele acestor teorii remarcabile sînt produsul unei mentalități caracteristice secolului trecut, bazată mult mai puțin pe exerciții de imagine (sau de „public relations" ca să folosesc un limbaj pur comercial) decît în vremurile mai apropiate.

În cele ce urmează îmi propun un scop mult mai modest decît analiza acestui spirit al secolului trecut. Aș vrea să încerc să înțeleg cîteva dintre metodele prin care centrele științifice importante au reușit să obțină rezultate remarcabile și să analizez în ce măsură se pot aplica în cazul României în general și în particular în cazul institutelor performante din țară. Mă voi concentra în special pe aspecte legate de sistemul de alegere a temelor de cercetare, de angajare și de promovare a viitorilor cercetători.

1. Aș sublinia mai întîi cîteva idei pe care le asociez cu secolul trecut și pe care le consider în continuare valabile.

1a. Mai întîi ar fi justificarea alegerii temelor de cercetare. Spre exemplu, cred că un domeniu de fizică teoretică se poate justifica în două moduri: fie prin contactul cu o fenomenologie bine cunoscută experimental, fie prin analiza unei probleme interesante de matematică sugerată de fizică. Idealul ar fi (după cum spunea Einstein) să găsim o teorie consistentă matematic și care să explice un anumit domeniu fenomenologic. Chiar dacă puțini reușesc acest lucru, ar fi bine să încercăm să ne sprijinim măcar pe unul dintre cele două capete ale podului: fie cel fenomenologic, fie cel matematic.

Din cîte știu, există o modă de a studia domenii în care contactul cu fenomenologia este extrem de vag (sau căutat în mod forțat), iar cei care pot proba că se încadrează în domeniul fizicii matematice sînt extrem de puțini. Cu alte cuvinte, vorbim de abordări în care matematica folosită este elementară, deci nu există speranța găsirii unor structuri matematice interesante, dar și contactul cu fenomenologia este aproape absent. Probabil că există destui fizicieni care nu sînt deranjați de critica de mai sus, ba chiar consideră că aceasta este maniera de a face fizică în secolul 21. Oare trebuie să îi urmăm necritic?

1b. De asemenea, aș considera că rolul seminariilor științifice rămîne în continuare esențial. Mă refer atît la seminariile de tip general (în care vorbitorul se adresează unei audiențe care nu lucrează propriu-zis în domeniul în cauză) dar în special la seminariile de lucru în care un anumit domeniu este prezentat în detaliu. Cred că impunerea unei noi tematici ar trebui să se facă doar dacă competențele pot fi probate convingător într-un astfel de seminar. De altfel, mi s-a povestit că aceasta a fost una dintre metodele prin care cei care fac fizică matematică și-au convins colegii mai apropiați de fenomenologie de utilitatea abordărilor riguroase.

1c. Cred că în orice domeniu există un parcurs natural care duce la cercetători independenți din punct de vedere științific. În țările cu tradiții științifice puternice acest parcurs este standardizat sub forma unui doctorat și a 2-3 poziții post-doctorale (în medie cam 10 ani cu totul) după care se pune problema unei poziții permanente. La fel de important este faptul că această perioadă de ucenicie se face în tinerețe (profitînd de capacitatea de muncă și de asimilare intelectuală mai mare). De asemenea, această ucenicie se face sub supravegherea unor cercetători seniori, care îi indică tînărului care este bibliografia fundamentală și, de regulă, îl antrenează în seminarii științifice și proiecte de cercetare comune. Chiar dacă în România, acest parcurs științific nu este complet standardizat, cred că marea majoritate a colegilor de generația mea au parcurs un „drum" similar: oricum nu au avut pretenția să fie declarați teoreticieni, peste noapte. A existat o perioadă de ucenicie în care au avut statutul de cercetător junior (cam pînă la 35 de ani) și apoi au devenit seniori. Cred că nu avem motive serioase să abandonăm această tradiție de formare intelectuală. Personal cred că abaterile semnificative de la acest traseu ar însemna să ne devalorizăm propria meserie, să admitem că poate fi asimilată mult mai repede. Nu cred că există motive serioase să acceptăm acest punct de vedere.

1d. În sfîrșit, cred că pînă nu demult, exista o delimitare relativ clară a diverselor subdomenii de cercetare. Spre exemplu, profesorul Șerban Țițeica era considerat teoretician (deși știa mult experiment), iar profesorul Horia Hulubei era considerat experimentator (deși știa multă teorie). Din cîte știu, evoluția naturală a științelor conduce la subdivizări din ce în ce mai fine a domeniilor de cercetare. Nu cred că este cazul să se renunțe la aceste subdiviziuni urmînd diverse mode multi-disciplinare. Pînă la urmă, fiecare dintre noi trebuie să poată spune care este „centrul de greutate" al preocupărilor sale, unde crede că a obținut rezultate notabile. Deoarece sîntem în competiție (pentru recunoașterea rezultatelor, pentru fonduri etc.) trebuie să știm, precum sportivii, la ce categorie concurăm!

2. Mă voi referi în continuare la diferențele care apar între sistemul de cercetare din România și cel din marile puteri științifice. Chiar dacă mi-aș dori o aliniere rapidă, îmi dau seama că diferențele formale (legislative) și cele care țin de mentalități sînt încă mari și nu se vor schimba ușor, deci nici sistemele de cercetare nu vor putea fi aliniate complet în viitorul apropiat. Trebuie să depășim un anumit tip de demagogie și să propunem idei realiste care să țină seama de cadrul legislativ existent și de mentalitățile cu care trebuie să conviețuim.

2a. În primul rînd, cred că ar trebui subliniat că există diferențe profunde între sistemul de angajare și promovare folosit de puterile științifice și cel autohton. Din cîte știu, cam în fiecare domeniu de cercetare există un „circuit" select al cîtorva universități și institute relevante (să zicem 1, 2... 10),

cele care impun de fapt temele majore de cercetare, módele, etc. Pentru ca cineva să fie acceptat de acest sistem, trebuie să parcurgă acest circuit (cam ca un tenisman care cîştigă pe rînd turneele de grand slam!). Astfel, dacă face doctoratul la universitatea 1, trebuie să continue cu 2-3 poziţii de post-doc la universităţile 2, 3, 4 pentru ca apoi să se pună problema acceptării ca membru cu o poziţie permanentă în universitatea 5. Procesul de selecţie are o parte formală (în esenţă recomandări de la conducătorul de doctorat, de la colaboratori etc.), dar şi o parte informală. Cei care fac parte din staff-ul permanent al universităţilor 1,..., 10 se întîlnesc frecvent la conferinţe sau colaborează, deci pot schimba impresii despre potenţialii viitori colegi, contribuţia reală la diverse lucrări, gradul de originalitate şi chiar caracterul lor. Este vorba de o analiză „fină" care nu se poate face doar pe baza studierii unui dosar cu lucrări ştiinţifice şi recomandări, mai ales că, de regulă, la început de drum lucrările sînt în colaborare. Nu îmi dau seama în ce măsură cineva care dă o recomandare va preciza că la lucrarea *x* doctorandul *y* a avut o contribuţie majoră, acceptabilă sau minoră. Pe de altă parte, cunoscînd firea umană, trebuie să ne aşteptăm să existe şi cazuri de doctoranzi sau post-doctoranzi care au contribuţii minore. Au făcut ceva (dacă nu ar fi făcut nimic ar fi fost daţi afară), dar nu a fost ceva semnificativ, au depăşit doar limita decenţei. Cred că este foarte greu să avem acces la acest tip de informaţii cu caracter confidenţial dacă nu sîntem parte a circuitului 1, ..., 10, ori acest tip de informaţii este extrem de important, mai ales pentru CV-uri în care majoritatea lucrărilor sînt cu mai mulţi autori.

Din acest motiv cred că angajările celor care vin din străinătate sînt bine-venite dar trebuie făcută doar după o perioadă de probă de cîţiva ani (măcar 2) în care departamentele să se poată convinge că este vorba despre cineva cu o bună înţelegere a domeniului în care lucrează şi un grad ridicat de originalitate. Acest lucru este important mai ales în domenii noi în care nu există o tradiţie locală. În această perioadă de probă se poate aprecia şi dacă viitorul nou coleg este încă în plină putere creatoare. Nu cred că are sens să oferim un loc de retragere la bătrîneţe celor care nu au reuşit să convingă universităţile din străinătate şi produc din ce în ce mai puţin.

De aceea cred că nu este bună ideea de a scoate la concurs poziţiile de CS 1 şi CS 2 la nivel de institut, fără implicarea într-o formă activă a departamentelor care să evalueze o perioadă de probă.

2b. O altă diferenţă este legată de gradul de „democraţie" acceptat în procesul de selecţie. Sînt de acord că, dacă un profesor de la o universitate importantă din „circuit" vrea să îşi aducă un doctorand sau chiar un post-doc, are de regulă putere deplină. Colegii de catedră au de regulă încredere în discernămîntul său. (Nu ştiu dacă lucrurile stau chiar aşa şi cînd este vorba de angajări permanente). Putem aplica această ipoteză şi la noi? Pentru a nu isca polemici prea vii, mă refer la cazul meu: nu consider că am un dosar de mare profesor de la Cambridge, deci nu cer nimănui să aibă încredere absolută în alegerile mele legate de un potenţial viitor coleg şi sînt întru-totul de acord ca procesul de selecţie să fie mai democratic iar colegii mei să poată, eventual, să îmi spună că greşesc! Nu am nevoie de aprobări formale din partea colegilor şi cred că acest lucru ar trebui să fie general valabil.

Personal cred că această atitudine prudentă, bazată pe decizii colective este mult mai potrivită în condiţiile de la noi.

2c. O altă problemă este legată de păstrarea unei anumite unităţi a departamentelor. Un liant important ar fi să „vorbim cu toţii aceeaşi limbă". În zone cu tradiţii ştiinţifice importante, punctul iniţial al acestei unităţi este dat de absolvirea unei facultăţi de prestigiu, în care severitatea procesului de examinare nu permite erori. Personal, cred că perioada de formare a unui viitor tînăr cercetător ar trebui să includă obligatoriu o testare a cunoştinţelor acumulate în facultate şi relevante pentru domeniul abordat. Fiecare departament ar trebui să aibă o bibliografie minimă obligatorie, iar verificarea asimilării acestei bibliografii ar trebui să fie efectuată printr-o serie de examene şi seminarii publice. Acelaşi lucru ar trebui să fie valabil şi pentru introducerea într-un domeniu de cercetare. Ce modalitate de verificare mai bună există decît prezentarea bazelor domeniului de cercetare într-o serie de seminarii publice? Oare o simplă luare pe post de colaborator pe o lucrare ajunge, este suficient de relevantă?

Să presupunem că un absolvent are lipsuri semnificative în stăpînirea bibliografiei minimale. Ce părere ne putem face despre modul în care a absolvit examenele în timpul facultăţii? Chiar nu a realizat că are dificultăţi în înţelegerea unui tratat elementar de fizică? Oare ce spune această atitudine despre caracterul persoanei respective? Acelaşi lucru se poate spune despre cineva care se pregăteşte pentru un anumit domeniu de cercetare, dar nu poate convinge într-o serie de seminarii publice că a înţeles bazele domeniului. Oare vrem să avem „urmaşi spirituali" cu orice preţ?

2d. După cum se ştie, în universităţile din „circuit" metoda de evaluare a persoanelor este aşa-numitul „peer review", iar pentru evaluări şi ierarhizări ale universităţilor se folosesc metode scientometrice. În România metodele scientometrice se folosesc şi pentru *criterii minimale* la examenele de promovare (sau angajare). Cred că, cel puţin pentru o perioadă de 10-20 de ani, utilizarea metodelor scientometrice pe post de criterii minimale (necesare, dar nu suficiente!) de promovare/angajare, este de dorit. Pe de altă parte, nu cred că aceste metode pot fi folosite pentru ierarhizări valorice, mai ales cînd este vorba de CV-uri cu majoritatea lucrărilor efectuate în colaborare şi pe alte meleaguri. Din motivele expuse la **2a**, nu se poate şti exact „cum au fost obţinute galoanele", deci este mai prudent să se folosească metodele scientometrice doar drept criterii minimale. Personal, cred că este mult mai uşor să se publice şi să se obţină citări atunci cînd se lucrează într-un centru din „circuit" iar autorul principal al lucrărilor este o personalitate cunoscută. Pentru a evita laudele cu citările altora, ar fi bine ca să se poată dovedi că fluxul de lucrări (şi de citări corespunzătoare) curge şi cînd se lucrează într-o zonă ştiinţifică periferică.

2e. În sfîrşit, cred că sistemul de la noi trebuie să ţină seama şi de mentalităţile locale. De exemplu, în Europa de Vest, America de Nord, etc. este clar pentru toată lumea rostul angajărilor temporare de tipul post-doc. Nu este vorba în nici un caz de o promisiune de angajare permanentă pentru care

➲➲➲➲

Laboratorul de datare cu carbon-14 – în căutarea unui Cod de onoare

O dizertație introductivă

Elementele chimice sunt amestecuri de izotopi stabili și radioactivi. Din punctul de vedere al datării, izotopii stabili sunt "nemuritori", iar izotopii radioactivi sunt "ceasuri". Caracteristica principală a izotopilor radioactivi pentru care pot fi considerați drept "ceasuri" foarte bune pentru a data diferite epoci / fenomene etc. este dezintegrarea – consumarea lor în timp după o lege universală, de tip exponențial. În cazul unui organism viu (plantă, arbore, animal, om) la momentul procreerii sale începe să acționeze un fel de "cheie" care strânge un "arc" și anume bagajul în izotopul radioactiv pe care îl culege organismul la trecerea lui prin viață… La momentul decesului, schimbul de aer, apă, energie, hrană cu mediul încetează, iar arcul începe să se "destindă" punând în funcțiune "ceasul".

În cazul particular al "Marelui C – Carbonul", element de bază al vieții pe Pământ, din punctul de vedere al subiectului de față contează prezența lui în natură sub forma a doi izotopi stabili: Carbonul-12 sau C-12 cu pondere statistic mediată de 98.89%; Carbonul-13 sau C-13 cu pondere mediată de 1.11%, și unul radioactiv, singurul "ceas" din "echipă", și anume Carbonul-14 sau C-14 cu pondere de 10^{-10}%. Izotopii stabili pot fi considerați: C-12 "limba mare", iar C-13 "limba mică" pentru că ei transformă noțiunea de măsurare a timpului pentru "ceasul" C-14 într-o mărime concretă: ore, minute, secunde…

Legea dezintegrării radioactive și datarea sunt legate prin intermediul factorului "timp sau interval de timp" în care cantitatea de Carbon-14 prezentă la un moment-dat în probă, considerat "momentul zero" se reduce la cantitatea de Carbon-14 prezentă în mod real în probă la momentul măsurărilor, și "Timp de înjumătățire – timpul în care cantitatea de la momentul inițial s-a redus la jumătate", specific pentru fiecare izotop radioactiv sau radioizotop.

Legea dezintegrării radioactive are caracter statistic, și anume ascultă de statistica Boltzman pentru populații foarte mari (adică un număr foarte mare de atomi de Carbon-14). Atunci când se depășește în timp intervalul a 10 Timpi de înjumătățire, legile care guvernează fenomenul nu mai ascultă de statistica Boltzman, deoarece numărul de atomi nu mai este foarte mare, ceea ce implică apariția unei "imprecizii" nu atât în măsurare (în cazul nostru prin tehnica AMS), cât în estimarea realistă a intervalului de timp real dintre momentul ce se dorește a fi determinat și momentul "prezentului continuu", adică ivită din compararea unor valori foarte mari (inițial) care scad în timp exponențial, cu valori foarte mici sau extrem de mici la momentul măsurărilor care pot să nu respecte strict consumarea exponențială în timp.

Esențială în datarea unui moment este alegerea radioizotopului de studiat; el trebuie să fie cu adevărat prezent la momentul ce se dorește a fi datat, și să aibe un Timp de înjumătățire suficient de lung încât intervalul de timp să fie sub 10 Timpi de înjumătățire față de prezent.

Există radionuclizi primordiali, formați la apariția Universului/Pământului ce îndeplinesc aceste două cerințe, dar care devin "ceasuri înghețate", și radionuclizi cosmogenici, de obicei cu Timpi de înjumătățire vizibil mai mici decât cei ai radionuclizilor primordiali, dar care se generează continuu în spațiu și timp, fie el extraterestru, fie terestru prin acțiunea radiațiilor cosmice asupra unor izotopi ai unor elemente chimice, cum ar fi acțiunea lor asupra Azotului-14 din păturile superioare ale atmosferei, cu formarea Carbonului-14.

Un compromis ideal pentru studiul istoriei civilizați-

continuare în pag. următoare

➲➲➲

se cer alte standarde. Personal cred că acest lucru nu este încă bine înțeles la noi și, din acest motiv, este nevoie de o mare prudență în procesul de selecție.

Se argumentează că este mai bine să se facă angajări temporare cu standarde mai „relaxate", să se dea o șansă la cît mai mulți, iar în caz că alegerea se dovedește nepotrivită, să se refuze prelungirea contractului. În principiu, pare o teorie bună, dar cred că practica nu o confirmă.

În opinia mea, riscul unei angajări temporare necorespunzătoare este dublu. Pe de o parte, cei care au făcut recomandarea pentru angajarea temporară vor trebui să admită că s-au înșelat, nu au ales bine. Dar cîți dintre concetățenii noștri își calcă pe orgoliu și admit că au greșit? Pe de altă parte, cel care este refuzat va percepe întreruperea contractului ca pe o traumă, o umilință etc. și va face presiuni pentru a rămîne. Situațiile de acest tip pot deveni extrem de neplăcute și, în opinia mea, trebuie evitate.

3. Din cîte știu, la ora actuală regulamentele de angajare dau o libertate destul de mare decidenților. Se argumentează că situația specială de la noi impune o analiză caz cu caz. De asemenea, chiar dacă multă lume admite la nivel de principiu necesitatea unor reguli mai stricte de selecție, se argumentează că este bine să se facă din cînd în cînd și excepții. Problema apare atunci cînd excepțiile devin prea multe, ceea ce se întîmplă de regulă la noi. Să luăm un exemplu concret: de cîțiva ani pentru înscrierea la concursul de CS din IFIN-HH se cere absolvirea doctoratului. Să ne imaginăm că regulamentul ar permite și excepții. În acest caz nu am nici o îndoială că toată lumea ar beneficia de această clauză.

Necesitatea de a fi mai stricți cu procesul de selecție este legat de părerea mea că IFIN-HH trebuie să rămînă un loc de elită, de „nota 10". Pînă la urmă în București și în țară în general, există și multe locuri de nota 9, 8 etc. Nu cred că este cazul să coborîm standardele doar din considerente „umanitare" sau din dorința de a avea urmași intelectuali cu orice preț. În sfîrșit, nu cred că facem un bine unui tînăr dacă îl încurajăm să devină cercetător cu orice preț și să considere o respingere ca ceva umilitor. O formă de ratare a vieții este și să se insiste pe o carieră nepotrivită.

Dan-Radu Grigore

ei umane, cu aplicații în arheologie, istorie, istoria artei este Carbonul-14, și anume pentru faptul că se generează continuu de la formarea Pământului și până și chiar la momentul măsurărilor. De aceea datele obținute pot fi corelate între ele într-un timp și spațiu continuu.

Din motivele prezentate mai sus, datarea, ca metodă, de altfel ca orice metodă de investigație, este limitată superior și inferior în timp, cu alte cuvinte în afara acestui interval aplicarea ei conduce la apariția nu neapărat a lipsei unor rezultate, cât la obținerea unor rezultate afectate de imprecizii mari și foarte mari. Corelat cu istoria civilizației umane, datarea Carbonului-14 în forma compușilor săi anorganici și organici asociați prezenței omului în diferite perioade istorice, limita inferioară în timp ar fi 5568 x 10 = 55680 ani, dar tehnicile actuale o pot duce, cu afectarea preciziei în limite acceptabile, până spre 65.000 ani, iar limita superioară este împinsă la 300 de ani, adică la atingerea a ceea ce se numește "pragul Stradivarius", dincoace de care devine iar imprecisă dintr-o serie de alte considerente decât în prima situație, cu cât te apropii mai mult de momentul prezent.

Deci, având în vedere performanțele deosebite atinse de tehnica și tehnologia secolului XXI aplicate întregului proces de datare, de la identificarea probei și până la estimarea vârstei sale (timpul scurs de la un anumit moment istoric asociat cu proba și până în prezent), putem spune că datarea cu Carbon-14 se poate aplica cu succes pentru probe care să conțină carbon anorganic sau organic, nu mai vechi de 65.000 ani și nu mai noi de cca. 1600 – 1650 AD cu condiția respectării cu strictețe a tuturor recomandărilor de lucru, a folosirii unor aparate și echipamente foarte performante și verificate – optimizate, precum și a unor algoritmi de calcul de mare finețe. Astfel se poate ajunge la nivelul deceniului al doilea al secolului XXI la o datare riguroasă afectată de un interval de imprecizie de până la ± 5 ani.

Datarea se poate face și cu intervale de imprecizie mai mari, de ordinul zecilor sau sutelor de ani, acest fapt datorându-se fie calității probei inițiale, fie perioadei de proveniență, fie folosirii unor metode mai imprecise de lucru, măsurare sau calcul. Uneori, mai ales pentru epocile istorice mai vechi, intervalele mai mari nu sunt deranjante pentru cei ce vor folosi rezultatele ulterior în interpretări, dar pentru perioadele istorice mai apropiate, pentru anumite situații de cercetare minuțioasă, imprecizia exprimării rezultatului este determinantă.

Fie situația ideală a unei probe de calitate și mod de prelucrare excepțional, cu estimarea unei vârste foarte realiste… chiar și în acest caz apar două alte surse de erori: contaminarea chiar infimă cu carbon modern (din mediul înconjurător) sau vechi (din alte probe studiate anterior în laborator), dar și de însăși metoda AMS (o luăm în calcul pe cea mai performantă la ora actuală!), cu limitările ei conceptuale de bază. Aceste două aspecte stau în puterea colectivelor de lucru de a fi "monitorizate" încât să aibe un control riguros al erorilor sistematice introduse în timpul desfășurării experimentelor… ceea ce stă mai puțin în puterea de estimare corectă este imprecizia adusă de un fenomen constatat și studiat din ce în ce mai mult în ultimii 65 de ani de când s-a lansat aplicația datărilor cu Carbon-14: estimarea corectă a valorii inițiale a cantității de Carbon-14 din probă. Evident, este exclus să avem astfel de date din trecut, așa că totul se reduce la a aprecia corect, direct sau indirect, această valoare prin prisma prezentului. Deci, atunci când cunoaștem, stăpânim și minimizăm erorile amintite mai sus, abia atunci începe "lupta" cu erorile introduse de această nouă sursă mult mai greu controlabilă și previzibilă. Și cum istoria înseamnă așternerea pe o scală în timp și spațiu a unor evenimente, putem spune că ea însăși este afectată de "definiția scalei de măsură". Adevărul este că nimeni din prezent, cu nici un pachet ideal de informații, nu poate asocia valoarea de "adevăr" nici unei interpretări asupra evenimentelor trecute; nu poți garanta prin nimic spre exemplu că un individ din secolul IV AD, să zicem, a murit chiar la 385, luna, anul, ziua, împrejurarea – doar îi poți asocia o probabilitate ca evenimentul să se fi întâmplat la un moment apropiat… cel puțin cu ceea ce dispunem la începutul secolului XXI! Și asta excluzând valoarea intrinsecă a anului 385 definit ca fiind al 385-lea an de la nașterea lui Christos – deci aici arbitrarul este adus vizibil de religia creștină și de rigoarea istorică. După ultimele cercetări, Christos este probabil să se fi născut nu la anul considerat "zero", ci cu 3-5 ani mai devreme, și nu de Crăciun, ci primăvara… iată că devine necesară o "scală istorică" neancorată în timp și spațiu, ci doar prin intermediul informațiilor istorice punctuale; cu cât vor exista mai multe astfel de "puncte" corelate și susținute între ele, cu atât scala devine mai apropiată de firul evoluției civilizației; nu mai contează unde o ancorezi – ea te "calibrează"!

Deci, un rezultat corect, realist exprimă o probabilitate cu grad maxim de încredere, astfel încât rezultatul obținut, concluziile și implicațiile sale să poată fi acceptate de către comunitatea internațională și să poată fi integrate în "pânza istorică generală a devenirii umane"!

Obținerea unui rezultat de calitate, recunoscut, devine scopul oricărui laborator de profil. Atingerea performanței se va face în sensul prezentat mai sus, astfel că după acest punct de cotitură apare – sau de la început, în paralel – lupta cu "necunoscutul și imprevizibilul" pentru care trebuie să iei aminte la toate informațiile apărute și acceptate ca principial corecte la ora actuală în comunitatea științifică (și religioasă) națională și internațională.

Necunoscutul și imprevizibilul sunt aduse de contextul istoric și "istoria" probei după momentul "zero" dorit a fi stabilit prin datare, dar și de fenomene care vor afecta valoarea reală a cantității inițiale de Carbon-14 din probă, în special generarea continuă de Carbon-14 pe Pământ, și ciclul carbonului în natură, două aspecte extrem de complexe și cu variații sensibile în timp și spațiu.

De peste o jumătate de secol de când a fost pus în evidență rolul lor asupra calității rezultatelor, de fapt al aprecierii corecte a cantității inițiale de Carbon-14, au fost dezvoltate măsurări sistematice, baze de date, interpretări, teorii, modele, metode de calcul și previziune. Astfel se pot anticipa abaterile de la valorile teoretice ale cantității inițiale de Carbon-14 în timp, spațiu, context istoric, specie (animală sau vegetală) etc. Ele contribuie împreună sau separat la un alt tip de imprecizii ce sunt "amendate", "normate" printr-un "Cod de etică de bune practici în domeniul datărilor cu carbon-14 în scopuri arheologice, istorice, ale istoriei artei" de către comunitatea științifică internațională. Însușirea acestui "Cod" necesită timp,

energie, bani, dedicație dar este singura cale de a atinge nivelul de responsabilizare specială necesar exprimării unor rezultate care, o dată "ieșite pe Poarta Laboratorului" trebuie să li se asigure toate "creditele" necesare pentru a fi luate în considerare și mai ales utilizate ulterior! Pentru cazul nostru particular, dacă nu ai cum să fi fost lângă acel om ce a murit în anul asociat cu 385 AD, luna februarie, ziua 14, ora 18:40 în contextul clar al momentului respectiv, dacă nu ai cum urmări vreme de 1629 de ani ce s-a întâmplat cu oasele lui ca să înțelegi de ce erori trebuie să ții cont, măcar să te asiguri că moral ai făcut tot ce îți oferă "prezentul continuu" pentru a ajunge mai aproape de adevăr. E-adevărat că morții nu vorbesc, dar și dacă ar putea lua "atitudine", trebuie să iei în considerare că ți-ar putea da "un vot de blam" pentru calitatea rezultatului obținut și a concluziilor ulterioare desprinse. Fiecare astfel de probă devine un "Message in a bottle - Mesaj într-o sticlă" ce ajunge pe "Oceanul Timpului" până la tine; este datoria ta să cauți "interpretarea principial corectă" a "mesajului", astfel ca să nu atingi un paradox: în căutarea adevărului să ajungi la un fals-adevăr!

Revenind la firul cu substrat științific, prin studierea sistematică a literaturii de specialitate din ultima jumătate de secol, precum și a modului de lucru al laboratoarelor similare din întreaga lume, constatăm că Laboratorul Datare Carbon-14 al Departamentului Acceleratori Tandem al IFIN-HH se află într-o poziție "ingrată" dar și "binecuvântată" în aceeași măsură: avem un handicap de lucru, experiență și rezultate obținute, de peste o jumătate de secol față de majoritatea laboratoarelor recunoscute internațional, deci ne va fi foarte greu să "recuperăm", dar în același timp beneficiem prin intermediul literaturii de specialitate, schimburile de experiență și colaborările la intercomparări și proiecte internaționale de experiența lor anterioară, cu părțile ei reușite și nereușite; putem învăța din succesele lor, dar și din nereușite!

Un capitol important este tocmai acest "grad de imprecizie" dincolo de posibilitățile tehnice ale echipei de lucru și echipamentelor sale!

Comunitatea științifică a constatat că "Era prea frumos ca să fie și adevărat!" sau altfel spus, Carbonul-14 nu s-a generat uniform și continuu în timp și spațiu, nu a intrat în ciclul carbonului în natură întotdeauna conform modelului unanim acceptat, și chiar și după aceea, diversitatea formelor sale de co-existență cu "sticla" al cărui mesaj vrei să îl descifrezi duce la o întrepătrundere a vieții Carbonului-14 asociat exclusiv cu proba, cu carbonul provenit din materialele ce l-au înconjurat permanent sau temporar vreme de mulți ani… unele fenomene (bio)fizico-chimice asociate evoluției probei sunt previzibile pe baza legilor științifice și a modelelor, dar de multe ori factorul decisiv care impune abateri este Timpul!

Iată o listă exhaustivă a factorilor care determină abaterile de la valorile teoretice ale variației Carbonului-14 din probă:

- fluxul de radiații cosmice este o mărime variabilă în timp, deci și cantitatea inițială de Carbon-14 generată anual în straturile superioare ale atmosferei este variabilă de la an la an, anotimp la anotimp, perioadă la perioadă
- cantitatea de Carbon-14 inițială generată variază cu latitudinea, longitudinea, altitudinea, incluzând și variația pe adâncime în mări și oceane
- aportul de Carbon-14 în păturile inferioare ale atmosferei este influențat și de fenomene geo-climatice, cum ar fi curenții de aer de la tropice, dar și geo-magnetice
- cantitatea de Carbon-14 care ajunge pe pământ și în ape deci este variabilă, iar aici intră în cicluri de transformare, însoțind carbonul natural în compușii săi anorganici și organici, și care carbon la rândul lui are ritmuri de incorporare diferite în circuitul carbonului în natură la nivelul hidrosferei, litosferei, biosferei
- cantitatea de carbon-14 ce constituie "bagajul personalizat" al acelui individ stabilit ca trăind în secolul IV AD depinde în general de toate aceste aspecte; partea bună este că corpul său intră în echilibru cu acest bagaj prin aerul respirat, apa folosită, hrană și bunurile materiale cu care intră în contact direct, și că, sub rezerva că există un ritm de incorporare mai rapid în copilărie și tinerețe față de maturitate și bătrânețe, putem spune că acest bagaj nu diferă de altul al unui membru al comunității care a trăit în același timp și în aceleași condiții cu el, și în principiu nici de al unui om modern, contemporan (fiind aceeași specie!); diferența subtilă o va da "culoarea locală" deci exact acea particularitate care va separa "adevărul-probabil" de "falsul-adevăr"! Cantitativ vorbind, acest "bagaj personalizat" va fi mai "voluminos" sau mai "sărăcăcios" față de echivalentul modern și noi nu putem compara direct valorile obținute pentru un adult modern cu cele ale unui adult de aceeași vârstă și sex din trecut! Astfel că nu putem echivala valoarea "de zero" a cantității inițiale de Carbon-14 a omului din trecut cu cea a celui din prezent. În principiu se poate face, dar valoarea obținută trebuie corectată cu o serie de factori de ponderare, stabilirea acestor factori fiind "arta" tratării fiecărui caz analizat în parte!

Rezultatul obținut la AMS exprimă, din păcate, mărimi indirecte, și anume rapoarte atomice: atomi C-14 (determinați prin contorul cu curgere în gaz) la atomi de C-12 (determinați prin spectrometrie de masă), și respectiv atomi de C-13 (determinați tot prin spectrometrie de masă) la atomi de C-12. Deci iată o altă nedeterminare și sursă de erori: măsurarea pe două sisteme principial diferite a unor atomi care fac parte unii (C-14) din categoria populațiilor mici sau extrem de mici, iar C-13 și în special C-12 din categoria "numerelor foarte mari"!

Pe lângă abaterile de la previziunile teoretice ale Carbonului-14, și Carbonul-13 are la rândul lui tot felul de abateri… te-ai aștepta ca "nemuritorii" să rămână într-un raport invariant; din păcate și aici intervin iarăși o serie de cazuri particulare atât pe timpul vieții organismului (C-14, C-13 și C-12 se asimilează diferit funcție de specie și de condițiile de mediu și climatice), dar și după moartea acestuia, organismul nefiind izolat într-un mediu adiabat de cel înconjurător, din contră! Chiar și la scoaterea din contextul istoric apar variații… pe lângă faptul că materialul arheologic sau artefactul suferă un proces de degradare în sine mai lent sau mai rapid, balanța izotopică poate fi afectată dramatic prin contactul cu aerul, apa, agenții de conservare, agenții de prelucrare în laborator… pe lângă aport de carbon modern sau vechi, unele procese inerente în prepararea țintelor pentru AMS pot induce variații în rapoartele izotopice inițiale ale probei…

Dacă valorile C-14 / C-12 sunt interpretate prin prisma timpului scurs de la moartea organismului, raportul de C-13 / C-12 este folosit pentru a monitoriza abaterile aduse amestecului izotopic inițial pentru elementul natural carbon, acest Factor fiind transmis ulterior și rezultatului C-14 / C-12.

Deci într-o primă instanță obținem o serie de rezultate de la mașină cu care putem estima Grosso Modo vârsta probei. Este un prim rezultat care ulterior este corectat și optimizat prin intermediul unui algoritm de calcul rezultând vârsta probabilă cu o anumită imprecizie. Algoritmul de calcul va ține seama de toate erorile / impreciziile care sunt inerente, sistematice, deductibile. Acest al doilea rezultat este ulterior prelucrat cu un program de calcul, astfel ca la final să obținem vârsta reală, calibrată. Calibrarea va ține cont de ceilalți factori care influențează indirect la scală globală, regională și temporală proba noastră. Vârsta calibrată reprezintă acel "adevăr-probabil" sau scopul întregii munci de datare.

În încheiere prezentăm un scenariu pentru cazul ipotetic citat mai sus:

Este vorba despre un bărbat de circa 40 de ani născut la începutul secolului IV AD (folosim acest mod de raportare în "ani istorici") pe malurile Argeșului. Cel puțin aici i-au fost găsite o parte dintre oasele scheletului, îngropate la circa 0.5 m sub nivelul actual de călcare, în strat nederanjat, împreună cu o serie de materiale arheologice ce pot fi asociate cu perioada în care a trăit / murit.

Presupunem că cercetarea arheologică s-a desfășurat după toate rigorile acceptate; oasele au fost extrase cu grijă, fără a intra în contact direct îndelungat cu aerul / apa / alți agenți din mediul actual, și au fost împachetate în mai multe straturi de folie din aluminiu, puse într-o pungă sigiliată și notate corespunzător. De mare folos pentru Laborator este ca ele să fi fost depozitate în condiții constante de temperatură și umiditate până la aducerea la IFIN-HH. Materialul arheologic excavat o dată cu oasele, databil prin asociere stabilește că omul a trăit pe aceste meleaguri în preajma morții sale și că ea a survenit în secolul IV AD. Antropologul va stabili rasa, vârsta la momentul decesului, sexul, starea de sănătate și eventual cauzele naturale sau nenaturale ale decesului. De mare folos este descrierea mediului în care a fost descoperit scheletul; aducerea de probe din solul de unde a fost excavat exemplarul de os supus datării cu Carbon-14 este, de asemenea, recomandată pentru a studia interacțiunea mediului imediat apropiat de schelet, contaminarea posibilă cu carbon vechi sau modern, condițiile de păstrare în timp și natura degradărilor ce ar fi putut apare pe materialul databil până la momentul excavărilor. Faptul că a fost găsit un schelet arată că el nu a fost supus incinerării, forma de îngropare a cadavrelor la acea epocă; de asemenea, inexistența unui giulgiu sau a altei forme de ritual de îngropăciune, poziția scheletului și dispunerea artefactelor găsite în jurul lui duce la ipoteza că a murit în perimetrul unei mici așezări pe malurile apei poate urmare a unor fenomene meteo-climatice extreme; corelat și cu descoperirea altor schelete similare împrăștiate pe o arie de locuire restrânsă, se avansează ipoteza unei morți prin înghețare. Acest lucru implică constatarea că decesul a survenit probabil în toiul iernii, astfel că descompunerea cadavrului a avut loc într-un anumit fel. Expunerea mai apoi a scheletului de-a lungul anilor la aer, ape meteorice sau inundații în lunca Argeșului, contactul cu animale sau plante din următoarele decade, deja creează un scenariu al posibililor contaminanți… la 1600 de ani după moarte, scheletul are depus un strat de pământ de circa 0.5 m, ceea ce implică un număr de secole de contact indirect cu aerul, soarele, apa sau organismele vii de deasupra pământului, dar un contact continuu cu carbonul vehiculat prin sol, cu apa, cu vietățile subterane, suferind totodată și inerente procese de degradare prin atacul factorilor externi și interni. Acest "capitol al Mesajului într-o sticlă" trebuie studiat cu mare atenție pentru a face o listă a posibililor contaminanți și a surselor de eroare la intrarea în procesul de prelucrare în laborator. Din acest moment, sursele de eroare / contaminare sistematice până la închiderea țintei în vederea introducerii în mașina AMS sunt deja cunoscute datorită testelor anterioare efectuate în laborator. De asemenea, sursele de eroare pe timpul măsurării, limitele aparatului matematic de prelucrare a rezultatelor mașinii sunt și ele deja determinate, așa că…

Revenind la momentul morții… și al celor circa 40 de ani de viață… încercăm să deducem informații suplimentare asupra modului în care au fost deviate rapoartele izotopice și cantitatea inițială de C-14 la momentul decesului, de valorile standard acceptate și verificate pentru un astfel de caz în comunitatea științifică internațională!

Din investigațiile arheologice, istorice, antropologice s-a dedus că omul aparține acelor locuri de la naștere. Această informație este extrem de importantă: înseamnă că corpul său a fost supus din momentul procreerii și până la naștere unui contact indirect cu aerul, apa și nutrienții din corpul mamei, prin intermediul lichidului amniotic. Dacă comunitatea a folosit aria de locuire de generații, atunci se poate avansa ipoteza că cantitatea de C-14/g specifică mamei s-a transmis și fătului prin lichidul amniotic, și că nu va diferi de cea acumulată de-a lungul vieții de adult. După naștere și până la atingerea stadiului de maturitate, ritmul incorporării C-14 este mai mare, dar apoi se atinge un echilibru. Astfel, matur fiind la momentul decesului, omul a trăit respirând 40 de ani aerul locului (ce conține dioxid de carbon, deci un carbon natural cu o abatere mai mare sau mai mică a conținutului în izotopii C-14, C-13), a băut sau a folosit apa din acele locuri (aici intervine alt factor necunoscut: a folosit apă de Argeș, dintr-un izvor de suprafață sau dintr-un izvor din pânza freatică…diferențele în bagajul de C-14 diferă de la caz la caz…), a mâncat roadele pământului, dar și vânat, animale domestice și, desigur, pește (cu factori diferiți de acumulare a C-14 și C-13, de la caz la caz!). Având în vedere că, pentru secolul IV AD pe zona Argeșului nu au avut loc fenomene majore (vulcani, exploatare industrială a minereurilor, incendii devastatoare pe arii largi – fapte care s-ar cunoaște deja!), atunci putem spune că balanța izotopică a fost influențată de rata medie a producerii C-14 în atmosferă pe acel interval și pentru acel spațiu geografic, de efectele secundare influențate inerent de circuitul carbonului în natură, precum și de tipul de alimentație și apa folosită. Toate aceste amănunte specifice vor duce la estimarea corectă a erorilor introduse de la început în sistem, pozitive sau negative. Deci, acest om, deși principial nu se deosebește cu nimic față de un localnic contemporan, balanța izotopică la

echilibru este foarte probabil diferită de cea din prezent într-o proporție care ar induce un grad destul de mare de imprecizie în estimarea vârstei la AMS.

Deci, într-o primă estimare grosieră se poate măsura C-14/C-12 și C-13 / C-12 în osul vechi și un os similar modern, dar valoarea obținută poate duce la erori de ordinul secolelor sau al zecilor de ani, deci semnificativ mai mari decât însăși perioada în care omul a trăit efectiv în acel loc. Esențial este să interpolăm cele două mărimi raportate, astfel încât să deducem în final cantitatea de C-14 / C-12 rămasă la momentul "prezent continuu" corect și cât mai precis măsurată, dar și cantitatea reală de C-14 sau raportul de C-14 / C-12 în cazul AMS pentru probă la momentul decesului, ținând cont de toate fenomenele directe sau indirecte care l-au influențat până în prezent.

Dacă am putea cunoaște și cuantifica corect toți acești factori perturbatori, am putea calcula data decesului, și anume anul 385 ± 5 AD (sau 10, 20, 40 ani). Dacă imprecizia este mai mare, atunci deviația standard se poate apropia de însăși vârsta reală a omului apreciată de antropolog, deci valoarea obținută devine redundantă.

Pentru că în realitate este practic imposibil să poți cuantifica toate variațiile C-14 și C-13, se lucrează prin normarea, calibrarea valorii obținute după aplicarea corecțiilor standard pe valoarea obținută de mașină, prin folosirea unei curbe de calibrare ridicată ca urmare a numeroase observații în timp pentru o arie cunoscută și a unui program de calcul specific și recunoscut internațional. Dacă valoarea calculată / corectată și valoarea calibrată în ani calendaristici ar fi egale, ele s-ar înscrie pe laturile unui pătrat, iar curba de calibrare ar deveni diagonala lui. În realitate, graficul se înscrie într-un dreptunghi, iar curba de calibrare are într-adevăr o traiectorie curbilinie cu numeroase zone fine de minime și de maxime. Astfel, diferențele între valoarea corectată și cea calibrată pot fi mai mici sau mai mari, impreciziile valorilor corectate fiind de obicei amplificate de alura curbei de calibrare pe porțiunea respectivă. Uneori, funcție de zonă și de perioada de timp, curba de calibrare poate "arunca" rezultatul real destul de mult înainte sau după intervalul apreciat în prima aproximare. Practic acest ultim rezultat se apropie cel mai bine de valoarea de adevăr! Deocamdată nu vom putea ajunge cu demonstrația la acel 385 AD 14 februarie ora 18:40, o seară de iarnă poate cu viscole și temperaturi negative extreme, când omul a murit pur și simplu troienit peste coliba lui, înghețat sau mort de foame… dar așa cum la începutul secolului XXI putem reconstrui 3D pe computer sau în atelier cu tehnici speciale fața unui om din trecutul îndepărtat, corpul și alura lui, așa cum putem deduce din secvența ADN extrasă din țesuturile rămase anumite caracteristici fizice și mentale, cum putem stabili culoarea pielii, a părului, a ochilor, poate că într-o zi nu prea îndepărtată vom putea spune până la capăt și povestea omului mort pe malurile Argeșului, nu departe de IFIN-HH unde a fost înființat primul Laborator Datare Carbon-14 din România!

Corina SIMION
IFIN-HH

Metamaterial acustic ce poate fi reconfigurat într-o clipă

Cercetătorii Mihai Caleap și Bruce Drinkwater, de la *University of Bristol*, Regatul Unit au realizat un metamaterial cu proprietăți acustice, care poate fi reconfigurat în mai puțin de o zecime de secundă. Dispozitivul conține sfere minuscule de polistiren suspendate în apă. Sferele se autoaranjează într-o rețea cubică care este definită prin unde staționare acustice încrucișate. Blocurile de rețea sună la unele frecvențe ce depind de spațierea dintre sfere și prin îmbunătățire, dispozitivul ar putea fi utilizat pentru a crea lentile care focalizează sunetul sau chiar mantale izolatoare acustic. (Cercetarea este descrisă în *Proc. Nat. Acad. Sci.*)

Porți pentru un singur atom

Două grupuri independente din Germania și SUA au dezvăluit o analogie de informație cuantică a unui tranzistor. Ambele dispozitive conțin un singur atom care poate schimba starea cuantică a unui singur foton. Rezultatele constituie un pas major spre dezvoltarea calculatoarelor cuantice practice. Spre deosebire de calculatoarele convenționale, care stochează biții de informație în valori definite ale lui 0 sau 1, calculatoarele cuantice stochează informația în qubiți, care reprezintă o superpoziție a ambelor valori. Când qubiții sunt entanglați, orice schimbare a unuia afectează imediat pe ceilalți. Quibiții pot deci lucra la unison pentru a rezolva orice probleme complexe mult mai repede decât dublurile lor clasice. Quibiții pot fi creați atât de lumină, cât și de materie, dar mulți cercetători consideră că în viitor calculatoarele cuantice practice se vor bizui pe interacțiuni între cele două. Din nefericire, lumina tinde să interacționeze cu materia numai atunci când lumina este foarte intensă și materia este foarte densă. A face un singur foton și un singur atom să interacționeze este o provocare, deoarece cei doi sunt mult mai probabil să treacă direct unul prin altul. (Cercetarea este publicată în *Nature*)

Material ultrasubțire care trece de la metal la semiconductor

Cercetători din Japonia au afirmat că au urmărit cum atomi individuali se rearanjează ei înșiși în timpul unei tranziții de fază semiconductor-metal în molibdenit (MoS_2) – un material asemănător grafenului, care se poate forma în straturi de grosimea unei molecule. Până acum, s-a crezut că astfel de tranziții de fază au loc ca mișcări colective ale atomilor, dar noile observații arată că mișcările atom cu atom există. Rezultatul este important, oferind o informație cercetătorilor care încearcă să creeze dispozitive electronice cu un singur strat de MoS_2. (Cercetarea este descrisă în *Nature Nanotechnology*)

Nou tip de lentilă optică

Cercetători din Australia (Steve Lee și colegii de la *Australian National University*) au inventat un nou tip de lentilă optică care ar putea fi combinată cu o cameră a unui telefon inteligent (smartphone) pentru a crea un microscop, ce poate diagnostica cancerul de piele sau să identifice dăunătorii din agricultură. Lentila, care este simplu de realizat și costul de producere este foarte mic, constă din picături de polidimetilsiloxan gel care au fost întărite în cuptor. Lentila poate fi realizată nefiind nevoie să fie măcinată sau matrițată, etape care cer în mod normal echipament specializat și ingeniozitate. (Lentilele sunt descrise în *Biomedical Optics Express*) ■

Energia nucleară şi dezvoltarea durabilă

Necesităţile mondiale de energie sunt într-o creştere rapidă, în pofida preocupărilor publicului legate de implicaţiile surselor de energie competitoare asupra mediului.

Problema susţinerii diferitelor surse de energie rămâne de o importanţă deosebită, şi în acest context, energia nucleară are unele avantaje legate atât de generarea de electricitate şi căldură fără emisii de dioxid de carbon în atmosferă, cât şi de securitatea aprovizionării.

Prin *dezvoltare durabilă* se înţelege dezvoltarea care vine în întâmpinarea satisfacerii necesităţilor prezente (actuale), fără a compromite capacitatea generaţiilor viitoare de a-şi satisface propriile lor nevoi *(Brundtland Commission, 1987)*.

În cadrul acestui articol ne vom referi la unele consideraţii legate de viitorul energiei nucleare, în contextul larg al alimentării şi necesităţilor mondiale de energie.

Necesităţile de energie

Necesităţile mondiale de energie vor continua să crească, ca rezultat al dezvoltării economice şi creşterii populaţiei. Scenariile elaborate pentru necesităţile prevăzute până în anul 2100, indică o creştere continuă a acestora, nivelul pentru anul 2100 situându-se între 42 – 47 Gtep (= gigatone echivalent petrol) în varianta A - corespunzătoare unei creşteri mari (venit, energie, tehnologie), între 33 – 37 Gtep în varianta B – corespunzătoare unei creşteri modeste şi între 19 – 23 Gtep în varianta C – corespunzătoare unei creşteri determinată ecologic (Sursa: *IIASA, Global Energy Perspectives, Cambridge, University Press, 1998)*.

O cotă importantă a acestei creşteri se aşteaptă să aibă loc în ţările în curs de dezvoltare, care se luptă pentru ridicarea standardelor de trai a unei populaţii într-o continuă creştere. În anul 1968, *The International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)* şi *The World Energy Council* au conchis că, prin anul 2050, necesităţile globale de energie vor creşte, probabil, de 1,5 - 3,0 ori, cu o solicitare de energie electrică, la un nivel de cel puţin dublu. În anul 1999, *The British Royal Society* şi *Royal Academy of Engineering*, au ajuns la concluzia că, dat fiind creşterea populaţiei globului şi dorinţei acesteia de a-şi îmbunătăţi standardul de viaţă, în următorii 50 de ani, consumul de energie se va dubla, iar în următorii 100 de ani, acesta va creşte de până la 5 ori. De notat că 2 miliarde din populaţia globului nu are acces la electricitate şi un număr aproximativ egal continuă să utilizeze pentru gătit, combustibilii fosili tradiţionali (Cf.*: World Energy Assessment United Nations Development Program, 2000)*.

Sarcina actualei generaţii este aceea de a răspunde acestor necesităţi, astfel încât să ajute societatea să-şi satisfacă necesităţile curente, fără a avea un impact nedorit asupra generaţiilor viitoare.

Energia nucleară şi dezvoltarea durabilă

Energia reprezintă o componentă importantă a oricărei politici de dezvoltare durabilă, deoarece ea este vitală pentru activitatea umană şi creşterea economică. Faptul că tehnologiile actuale de furnizare a energiei sunt din ce în ce mai mult examinate, ca nesustenabile, oferă atât oportunităţi, cât şi provocări. Extinderea la ceea ce energia nucleară poate oferi ca sustenabil (durabil) va determina, într-o mare măsură, locul său în spectrul furnizorilor de energie.

Sustenabilitatea sau durabilitatea oricărei dezvoltări este examinată clientelar sub trei aspecte: *economic, ambiental* şi *social.*

Aspectele economice

Economia de costuri directe

Abilitatea de a asigura încrederea în furnizarea de electricitate, la un cost redus, reprezintă un aspect important al unei dezvoltării durabile. După cum am subliniat anterior, energia nucleară poate deveni competitivă din punct de vedere al costului, cu alte forme majore de generare a electricităţii, pe termen lung, prin acţiuni politice luate pentru internaţionalizarea costurilor legate de mediul înconjurător, promovarea acceptării sociale şi asigurarea securităţii alimentării cu combustibil. Pe termen scurt, competitivitatea sa este diferită de la ţară la ţară, depinzând, în primul rând, de fluctuaţiile preţurilor combustibililor fosili.

Diversitatea şi securitatea furnizării de energie

Petrolul şi gazele prezintă o disponibilitate geografică limitată, ţările Orientului Mijlociu şi Federaţia Rusă controlând peste 70 % din rezervele de ţiţei şi aproape 2/3 din rezervele de gaz natural. Alături de instabilităţile politice ce caracterizează uneori regiunile furnizoare, căile lungi de aprovizionare către pieţele majore sunt adesea vulnerabile, putând fi întrerupte prin acţiuni politice.

Pe de altă parte, ţările OECD produc aproape 55 % din uraniul lumii şi posedă 40 % din rezervele cunoscute, în comparaţie cu rezervele de ~7 % petrol, 12 % gaze naturale şi 40 % cărbune. Aceste ţări sunt însă autosuficiente în serviciile esenţiale de conversie a uraniului natural în combustibil nuclear finisat.

Spre deosebire de combustibilii fosili, combustibilul nuclear şi stocurile acestuia sunt compacte şi uşor de depozitat; inventarele (cantităţile) mari ale acestuia, pot fi întreţinute cu costuri comparative mult mai mici.

Aproximativ 25 de tone de ansambluri de combustibil pot asigura combustibilul unui PWR pe durata de 1 an, pentru generarea a 1 GWe. Pentru acelaşi GWe, o centrală electrică pe cărbune va necesita 3 milioane de tone de

combustibil, adică de 100.000 ori mai mult.

Aşadar, pe măsură ce dependenţa unei naţiuni creşte faţă de sursele energetice externe, cresc şi costurile şi consecinţele economice legate de orice întrerupere în aprovizionare. Orice sursă de energie ce poate contribui la reducerea dependenţei de sursele externe de combustibil, trebuie înţeleasă ca o consolidare a securităţii alimentării cu energie şi, în ultimă instanţă, a întăririi securităţii naţiunii respective. Pentru ţările OECD, securitatea aprovizionării cu energie a constituit, întotdeauna, ţinta principală a politicii energetice.

Balanţa de plăţi

În ipoteza unor costuri relativ competitive, energia nucleară poate fi privită ca având influenţe pozitive potenţiale asupra balanţei de piaţă. În primul rând, importul unei cantităţi relativ mici de uraniu, la un cost redus, va fi mai atractiv decât importul unor cantităţi relativ mari de cărbune, petrol sau gaz, la un preţ ridicat. În al doilea rând, crearea sau extinderea infrastructurii de înaltă tehnologie necesară susţinerii energiei nucleare, poate stimula şi ajuta exportul de tehnologie.

Stabilitatea de preţ

Costurile legate de combustibil reprezintă componenta majoră a preţului electricităţii furnizate de centralele pe combustibil fosil. De aici, tendinţa spre fluctuaţii ale preţurilor combustibililor fosili, transferabile în variaţiile de preţ ale electricităţii, în special pe o piaţă competitivă. Cota joasă a costurilor de combustibil şi cota înaltă a costurilor fixe, în cazul generării energiei nucleare, prezintă, prin contrast, un efect stabilizator potenţial asupra costurilor şi preţurilor de electricitate.

În general, disponibilitatea şi utilizarea pe o scală cât mai mare posibil a surselor de energie alternativă, tind să reducă presiunile de solicitare asupra oricărei surse de combustibil, şi să contribuie astfel, potenţial, la o stabilitate macroeconomică generală.

Aspecte legate de mediu

Susţinerea ambientală a unui material particular este discutată în termeni legaţi de utilitatea lui, adică de disponibilitatea rezervelor şi impactul direct asupra mediului înconjurător.

Disponibilitatea rezervelor

Uraniul se găseşte larg dispersat în crusta terestră şi în oceane, fiind mai abundent decât argintul. La 1 ianuarie 2009, resursele de uraniu convenţional estimate (considerate ca nedescoperite) totalizau ~ 10,4 milioane de tone, cantitate suficientă pentru alimentarea cu energie pe o perioadă de aproape 250 ani, în condiţiile ratei de consum preconizate (Cf. *Uranium 2009: Resources, Production and Demand, NEA, OECD 2010)*. Există, în plus, resurse neconvenţionale în care uraniul este foarte dispersat sau poate fi recuperat ca subprodus. Acestea se ridică la încă ~ 22 milioane tone, fiind localizate în depozitele de fosfaţi şi până la 4.000 milioane tone de uraniu conţinute în apa mărilor şi oceanelor. Deja s-a sugerat ideea legată de recuperarea uraniului din apa mărilor şi oceanelor dar cercetările întreprinse în acest scop nu au depăşit încă faza de laborator. Costul unei astfel de operaţii s-a estimat a fi foarte înalt, de ~ 5 – 10 ori mai mari decât costurile curente ale mineritului uraniului convenţional.

Pe termen lung însă, adecvabilitatea resurselor de uraniu natural va depinde de strategiile adoptate pentru tehnologiile reactorilor şi ciclul de combustibil. Reprocesarea combustibilului utilizând tehnologia curentă a LWR, ar putea conduce, în principiu, la o reducere a necesarului de combustibil cu 10 – 15 %. Introducerea reactorilor rapizi va creşte, în continuare, eficienţa combustibilului; înlocuirea tuturor reactorilor termici actuali cu reactori rapizi şi cicluri de reprocesare a combustibilului, vor conduce la o creştere de 50 de ori a resurselor de uraniu.

Alte tehnici avansate aflate în studiu, constau în utilizarea thoriului ca rezervă de alimentare în locul uraniului, contribuind astfel la o creştere în continuare a resurselor de combustibil nuclear. În particular, India, posesoare a mari rezerve de thoriu, lucrează la implementarea ciclului de combustibil cu thoriu. În esenţă, energia nucleară nu poate fi considerată a fi o resursă limitată.

Impactul direct asupra mediului înconjurător

Energia nucleară este una din puţinele surse de energie care, virtual, nu eliberează gaze poluatoare de atmosferă sau cu efect de seră. Estimările emisiilor pe întregul ciclu de combustibil nuclear, incluzând extracţia minereului şi construcţia centralelor nuclearo-electrice, au condus la cantităţi cuprinse între 2,5 şi 6 grame de carbon echivalent pe kWh de energie produs. Grosier, acestea sunt egale cu emisiile (eliberările) estimate prin utilizarea surselor regenerabile (eoliană, hidro şi solară) şi de ~ 20 – 75 de ori mai mici decât emisiile surselor de energie cu gaz natural - cel mai curat combustibil fosil. Conform unei surse AIEA, emisiile de gaz de seră rezultate din generarea de electricitate folosind diferite surse, exprimate în grame carbon echivalent (gCeq)/kWh, sunt următoarele: cărbune ~ 360; ţiţei (petrol) ~ 250; gaz natural ~ 190; surse regenerabile ~ 80; energie nucleară ~ 10.

Energia nucleară reprezintă astfel un prim mijloc disponibil pentru limitarea emisiilor de carbon în mediul înconjurător. În ţările OECD, numai centralele electronucleare reduc cu ~ 1.200 tone anual, emisiile de dioxid de carbon în atmosferă. Presupunând că toate centralele electro-nucleare din lume ar fi înlocuite cu centrale moderne bazate pe comustibili fosili, emisiile de dioxid de carbon ar creşte cu ~ 8 %.

Energia nucleară evită emisiile de gaze cu efect local de poluare a aerului, precum şi de particule de oxizi de sulf şi azot, legate de ploile acide şi generatoare de boli respiratorii. Cantitatea de deşeuri solide, generată pe unitatea de electricitate, este mai mică în cazul unei surse nucleare, decât în cel al oricărei surse fosile de combustibil. În esenţă, ea este echivalentă cu cea a surselor de energie regenerabile, de exemplu, energia solară. Conform unei surse AIEA, cantităţile de deşeuri, produse de către diferitele surse de energie, exprimate în milioane tone per GWe/an (Mt/GWe/an) este următoarea: cărbune

~ 0,5; țiței (petrol) ~ 0,27; gaz natural ~ 0,21; lemn ~ 0,1; nuclear ~ 0,01; solar ~ 0,01.

Dar, pentru ca energia nucleară să-și poată aduce o contribuție mai mare la împiedicarea procesului de încălzire globală excesivă, este necesară o extindere mai largă a capacității de generare nucleară. În prezent, energia nucleară este aplicată numai pentru producerea de electricitate, deci în sectorul de utilizare a energiei. După estimările curente, chiar dacă furnizarea energiei nucleare ar crește până în anul 2100 de 10 ori, cota sa de utilizare, de 7 % din energia primară, ar crește la ~ 25 %, reducând prin aceasta cu ~ 15 % emisiile de carbon cumulativ, preconizate pentru această perioadă. Însă, dacă această dezvoltare a capacității nucleare ar avea loc pe baza actualei tehnologii, va trebui să se adauge o cantitate mult mai mare la volumul (și radioactivitatea) acumulat al deșeurilor radioactive.

Energia nucleară reprezintă una dintre opțiunile ce poate contribui la satisfacerea necesităților mondiale crescânde de energie, în esență, fără adaos de emisii de carbon. Dar, pentru a fi eficientă și acceptabilă la acest nivel, vor fi necesare strategii legate de tehnologiile reactorilor rapizi și de reciclarea combustibilului. În esență, LWR vor trebui înlocuiți cu tehnologii avansate, cum sunt reactorii rapizi de tip *breeder*, cu reciclare de combustibil. O astfel de schimbare va necesita investiții considerabile, dar este de dorit ca ele să nu depășească solicitările de investiții pentru alte strategii, destinate soluționării necesităților de energie, în condițiile unei limitări a încălzirii globale.

Longevitatea deșeurilor

Deșeurile cu durată de viață lungă *(high-level waste - HLW*), deși în volum mic, rămân radioactive pe perioade de foarte mari de timp. De câțiva zeci de ani s-a studiat posibilitatea depozitării lor în formațiuni geologice de adâncime. Experții au ajuns la concluzia că nu există bariere tehnice pentru construcția lor, la standarde foarte înalte de integritate. Deși s-au realizat o serie de progrese în Finlanda și SUA, încă nu există un depozit operațional de acest tip. Astfel, depozitarea HLW, rămâne în prezent, o preocupare importantă pentru dezvoltarea durabilă a energiei nucleare.

Cercetările și dezvoltările legate de ciclurile de combustibil avansate și de tratarea deșeurilor promit o reducere a volumului deșeurilor ce necesită izolare și timp în care acestea trebuie să fie izolate. Totuși, rezultatele acestor cercetări nu vor deveni disponibile, decât probabil, după câteva decenii.

Aspecte sociale

Infrastructura tehnică și personalul

Cei ce creează și mențin orice tehnologie sunt oamenii. În acest context, energia nucleară prezintă câteva caracteristici speciale, bazate pe dezvoltările științifice și tehnologice ale secolului XX. Mare parte din costul ridicat al instalațiilor nucleare este inclus în activitatea științifică și tehnologică, legată în esență de promovarea securității și viitorului acestora. Industria nucleară utilizează, de asemenea, o proporție ridicată de personal cu o înaltă calificare, din industriile majore de energie și manufactură. Acestea reprezintă capitalul social important, precum și baza pentru o continuă îmbunătățire a performanțelor.

Susținerea energiei nucleare depinde deci de o infrastructură complexă și costisitoare - *capitalul social*, care dacă este pierdut, poate fi extrem de dificil de înlocuit ieftin sau rapid.

Profituri din subproduse

Menținerea și îmbunătățirea infrastructurii tehnice și intelectuale pentru susținerea energiei nucleare furnizează numeroase beneficii pentru societate. Ca și în cazul altor tehnologii avansate, energia nucleară a jucat, din punct de vedere istoric, un rol foarte important în dezvoltarea de materiale noi, tehnici și cunoștințe, cu repercursiuni în multe alte sectoare, de exemplu, în medicină, manufactură, sănătate publică și agricultură, cu consecințe economice benefice.

Îngrijorări sociale

Toate tehnologiile de producere a energiei au tendința de a crea neliniști sociale, sau chiar conflicte. În cazul energiei nucleare, îngrijorările s-au focalizat asupra problemelor de securitate, proliferare și depozitarea deșeurilor. Cărbunele își are propria sa istorie profundă de conflict și divizare socială, așa cum o prezintă la scală internațională și petrolul. Chiar și exploatarea energiilor regenerabile a fost supusă unor scrutine și contradicții recente, provenind din perturbările vizuale și solicitările de mari suprafețe de teren. Marile proiecte hidro au întâmpinat opoziții la scală globală, din cauza impactelor sociale și de mediu ale marilor inundații potențiale.

Riscurile centralelor electro-nucleare

La fel ca și în cazul altor instalații majore industriale, și în ciuda tuturor precauțiilor, centralele electro-nucleare prezintă riscuri pentru personal, populația ce trăiește în imediata vecinătate a centralei și, în cazul unui accident sever, precum cel de la Chernobyl sau Fukushima, pentru populația ce trăiește foarte departe de aceasta. De obicei, aceste riscuri sunt analizate din punctul de vedere al consecințelor radiologice, rezultate din 1) operarea normală și 2) din accidente. Datorită prezenței unui personal cu o înaltă calificare, practicilor operaționale eficiente și regulamentelor stricte de supraveghere, din punct de vedere al securității industriale, energia nucleară este relativ sigură. De exemplu, date provenite din SUA, din anul 2000, relevă o rată de accident, la o centrală nuclearo-electrică, de 0,26 accidente la 200.000 muncitor-ore, în comparație cu o medie de 3,0 la un loc de lucru deschis.

Riscuri din operarea normală

Riscurile radiologice din operarea normală apar din scăpările (descărcările) zilnice în aer și apă a materialului radioactiv. În toate țările OECD astfel de descărcări sunt reglementate strict, prin autorizații din partea autorităților. În plus, ele mai constituie și obiectul unor acorduri internaționale, cum este *Convenția pentru protecția mediului marin din Atlanticul de Nord-Est (OSPAR Convention for*

the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic), al cărei recent acord ministerial, a cerut reducerea sarcinii radioactive adiţionale din descărcările marine, astfel încât, în anul 2020, emisiile şi pierderile să fie aproape nule.

În principiu, descărcările de acest tip pot afecta lanţul alimentar uman (de exemplu, prin consumul de moluşte sau crustacei) reprezentând astfel un pericol pentru populaţie. Pot fi făcute unele estimări asupra şanselor ca populaţia să fie afectată negativ de către descărcările cu nivel scăzut de radioactivitate, provenite de la cei ce trăiesc în vecinătatea centralei sau din consumul unor foarte mari cantităţi de peşti şi scoici. Oriunde au fost efectuate astfel de estimări, ele indică posibilitatea unui risc cu mult mai mic, de 1/1.000.000 pe an, pentru orice individ din sânul populaţiei respective.

Riscurile din accidente

Riscurile din accidente sunt mult mai greu de estimat, pe de o parte, din cauză că accidentele nucleare de orice tip sunt foarte rare şi pe de altă parte, deoarece consecinţele pot varia pe suprafeţe destul de mari.

Au fost efectuate o serie de studii legate de estimarea şanselor barierelor de protecţie construite în instalaţiile moderne de a se avaria în cursul unui accident, cauzând astfel eliberări (scăpări) radioactive de diferite nivele ipotetice. Calculele au arătat că şansele oricărui astfel de accident la un reactor modern, perfecţionat, utilizând lecţiile învăţate din accidentele de la *Three Mile Island* şi *Chernobyl*, sunt mai mici decât 1/100.000 pe an. Proiectele de reactori planificaţi pentru viitoarele centrale includ explicit accidente severe în design-ul lor şi calculele indică o probabilitate de accident sever ca fiind chiar mai mică, de ordinul a 1/1.000.000 pe an. Luând în consideraţie aceste cifre, este necesar însă să se reţină că efectele unui accident nuclear major pot avea un impact considerabil, inclusiv moartea de indivizi (eveniment care poate apare după zeci de ani de la accident), pierderea utilizării terenurilor pentru existenţă (trai) sau agricultură şi pierderea unor capacităţi importante de generare a electricităţii, toate cu consecinţe negative serioase pentru societate (*cazul Fukushima*).

În considerarea riscurilor potenţiale ale energiei nucleare este necesar ca acestea să fie privite în contextul satisfacerii necesităţilor crescânde viitoare de energie ale societăţii. Examinând riscurile potenţiale ale diferitelor surse de energie, rezultă că răspunderile potenţiale pentru mediul înconjurător şi sănătatea publică, datorate energiei nucleare, sunt mai mici decât cele asociate combustibililor fosili. O comparaţie a riscurilor de sănătate pentru sistemele energetice, exprimată în ani pierduţi din viaţă /GWh (Year of life lost (YOLL)/GWh) dă următoarele rezultate: nuclear ~ 0,02; gaz ~ 0,09; petrol ~ 0,22; cărbune ~ 0,38 (Sursa: *Comparative Assessment of Emissions from Energy Systems, IAEA Bulletin. 41/1/1999).*

Într-un tablou mai larg, se mai pot lua în consideraţie riscurile cele mai intangibile, ca acordarea unei prea mari încrederi importului de combustibil din ţări îndepărtate, care, în cazul unei rupturi economice semnificative, ar putea înceta furnizările. În plus, sursele fosile de energie, care se crede tot mai mult că aduc o contribuţie importantă la încălzirea globală, ar putea, în câteva sute de ani, să prezinte consecinţe serioase (de exemplu, ca datorită inundaţiilor, o parte din coastele mărilor să devină nelocuibilă).

Instalaţiile nucleare de toate tipurile se află printre numeroasele ţinte potenţiale pentru activităţile teroriste. Însă, spre deosebire de alte multe activităţi industriale, centralele nuclearo-electrice au luat măsuri active de răspuns la acest tip de ameninţare potenţială, deşi o securitate absolută nu poate fi niciodată garantată. Este foarte dificil de cuantificat sau de descris riscurile de acest tip, dar aceste centrale, din cauza robusteţii lor inerente, protecţiei încastrate, forţelor de securitate şi amplasărilor la distanţă, reprezintă comparativ, ţinte neatractive şi nerăsplătite pentru un atac terorist.

În cele din urmă, numai individual s-ar putea judeca limita la care ar putea apare un risc particular. Prin urmare, comparativ, tipurile de risc trebuie să aibă numai o semnificaţie limitată, ele reprezentând o cale de abordare a problemei, de a ne reaminti că lumea este riscantă şi că, de fapt, toate mijloacele de producere a electricităţii comportă riscuri.

Elementul social în susţinerea dezvoltării poate fi realizat prin priceperea motivării (argumentării) publice, câştigând astfel încrederea publicului. Va fi important deci, să se creeze un climat care să permită publicului să ridice chestiuni sociale, etice şi politice legate atât de energia nucleară, cât şi de sursele alternative de generare a electricităţii.

În general, la o examinare a dezvoltării durabile, energia nucleară poate fi privită ca un factor potenţial important, care-i permite să rezolve o parte semnificativă din necesităţile viitoare de energie ale omenirii, pentru realizarea multiplelor obiective ale unei dezvoltării durabile.

Politica generală legată de această problemă a dezvoltării va diferi de la ţară la ţară şi va afecta atât deciziile luate, cât şi mijloacele de argumentare publică şi de asigurare a încrederii.

Bibliografie

1. Nuclear Energy Today NEA, OECD, 2003
2. OECD Nuclear Energy Agency (www.nea.fr)
3. International Atomic Energy Agency (IAEA) (www.iaea.org/worldatom)
4. International Commission on Radiological Protection (www.icrp.org)
5. United Nations First Committee Disarmament and International Security (http://disarmament.un.org)
6. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (www.unscear.org)
7. G. Văsaru: Elemente de energetică nucleară, Dacia, Cluj-Napoca, 2009.

Dr. Gheorghe VĂSARU

OBITUARIA

Horia Scutaru-Ungureanu (1943-2014)

În ziua de 22 noiembrie 2014 s-a stins din viață, la vârsta de 71 de ani, Acad. Horia Scutaru-Ungureanu, personalitate de seamă a fizicii din România.

Acad. Horia Scutaru s-a născut la 30 octombrie 1943, la Roman (județul Neamț). A absolvit în anul 1961 Liceul „Calistrat Hogaș" din Piatra Neamț. În același an a devenit student al Facultății de Fizică a Universității din București, pe care a absolvit-o în anul 1966, în specialitatea fizică teoretică. Din anul 1966 a ocupat funcția de fizician și apoi de cercetător științific în Secția de Fizică Teoretică a Institutului de Fizică Atomică, parcurgând toate treptele ierarhiei științifice, până la gradul de cercetător științific gradul I, obținut în cadrul Departamentului de Fizică Teoretică, la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei". A devenit Doctor în fizică în anul 1980, când a susținut teza „Structura și stabilitatea sistemelor cuantice deschise".

În anul 1984 a fost distins, împreună cu Dr. Mircea Iosifescu, cu Premiul „Dragomir Hurmuzescu" al Academiei Române, pentru contribuții în clasificarea și elaborarea constrângerilor impuse de simetriile dinamice asupra observabilelor sistemelor clasice și cuantice. În anul 1993 a fost ales Membru corespondent, iar în anul 1995 membru titular al Academiei Române. Din 1996 până în 2013 a fost Președinte al Secției de Științe Fizice al acestui înalt templu al științei și culturii românești. Din anul 1993, pe o perioadă de câțiva ani, a fost reprezentantul României în comitetul Est-Vest al Societății Europene de Fizică.

Activitatea științifică a Acad. Horia Scutaru a fost diversă și rodnică, și s-a manifestat în câteva domenii importante ale fizicii teoretice, în care a obținut rezultate științifice recunoscute: fundamentele fizicii cuantice, teoria nucleului atomic, teoria particulelor elementare, teoria sistemelor complet integrabile, teoria sistemelor cu simetrii dinamice, aplicații ale teoriei grupurilor în fizică, teoria cuantică a informației. În literatura de specialitate s-au consacrat conceptele de „stări coerente în sensul lui Scutaru" și „sisteme covariante în sensul lui Scutaru".

Printre alte rezultate științifice valoroase și apreciate de către comunitatea științifică, care au fost obținute de Acad. Horia Scutaru, menționăm următoarele: a introdus conceptul de entropie clasică a unei stări cuantice; a stabilit dualitatea între simbolurile covariante și contravariante definite cu ajutorul "stărilor coerente Scutaru"; a obținut marginea inferioară pentru informația mutuală a unui canal de comunicare cuantic; a studiat localizarea sistemelor cuantice în spațiul fazelor; cuantificarea și decuantificarea prin aplicații complet pozitive între algebre de observabile; relațiile de incertitudine entropice; a descris sistemele clasice și cuantice cu simetrie dinamică; corespondența între clasic și cuantic prin identitățile polinomiale satisfăcute de observabile clasice și cuantice – teorie cu profunde conexiuni în teoria grupurilor cuantice și a sistemelor complet integrabile; aplicarea teoriei sistemelor cuantice deschise la descrierea echilibrării de sarcină și ciocnirile adânc inelastice de ioni grei; aplicarea spațiilor Hilbert cu nucleu reproducător la descrierea ciocnirilor hadron-hadron; calcule privind structura nucleelor ușoare; aplicarea stărilor cvasi-libere în optica cuantică.

Întreaga activitate științifică a Acad. Horia Scutaru se reflectă în articolele sale apărute în prestigioase reviste de specialitate din țară și din străinătate, și care au primit numeroase citări în monografii și reviste de excelență științifică din străinătate.

Prin stingerea prematură din viață a Acad. Horia Scutaru se închide o pagină a istoriei cercetărilor din domeniul fizicii de la Măgurele. Horia Scutaru se înscrie în mod glorios în această istorie, prin tot ceea ce a realizat și a însemnat pentru comunitatea de fizicieni din România.

Prin dispariția sa, Departamentul de Fizică Teoretică din IFIN-HH a pierdut pe unul dintre cei mai străluciți fizicieni teoreticieni pe care i-a avut, iar comunitatea științifică și academică din România un om de știință de mare valoare din domeniul fizicii, cu o înțelegere profundă a problemelor științei, un intelectual cu un larg orizont cultural și spiritual, un om cu alese calități morale, un mare caracter. Colegii din Departamentul de Fizică Teoretică al IFIN-HH vor păstra neștearsă în suflet amintirea lui Horia, cel care a susținut în mod consecvent promovarea valorilor științifice și a științei autentice, cel care a fost un exemplu demn de urmat pentru tinerii din DFT.

Dr. Aurelian Isar
Departamentul de Fizică Teoretică, IFIN-HH

In Memoriam

Pe data de 6 August 2014 s-au împlinit 2 ani de la trecerea în nefiinţă şi trecerea sa în universul "memoriilor" celor care l-au cunoscut şi apreciat a eminentului om de ştiinţă, de talie internaţională, **Doctor Chimist Olimpiu Marius Constantinescu**.

Dr. Olimpiu Constantinescu a fost singurul specialist din România care a lucrat în domeniul elementelor transfermiene, la sinteza, separarea chimică şi studiul proprietăţilor elementelor supragrele, ultimele elemente cunoscute până în prezent în Sistemul Periodic, făcând parte dintr-o echipă internaţională de specialişti în acest domeniu.

Dr. Constantinescu a fost cercetător principal la Institutul de Fizică şi Inginerie Nucleară – Horia Hulubei unde a fost unul dintre pionierii radiochimiei din ţara noastră.

A lucrat 15 ani la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare (IUCN) – Dubna în Laboratorul de Reacţii Nucleare (LIAR), 1 an la Centre d'Etudes Nuclèaires – Grenôble şi timp de câţiva ani câte 6 luni la Institut de Physique Nuclèaire Orsay (IPNO) în cadrul colaborării multiple Măgurele – Orsay – Dubna.

Pentru activitatea sa ştiinţifică bogată (200 de lucrări ştiinţifice publicate în reviste de specialitate, 2 monografii, citări în literatură peste 300) i s-au conferit următoarele premii:

Premiul IUCN – Dubna 1985

Premiul Gh. Spacu – Academia Română 1987

Premiul G.N. Flërov LIAR – Dubna 1994.

Notă: CdF Nr. 75 conţine datele biografice ale celui comemorat în acest articol, la pagina 11.

Acad. Prof. Dr. A. Săndulescu

Physics Web

Rubrică îngrijită de Mircea Morariu

Tambur de grafen pentru stocarea informaţiei

Cercetători de la *Kavli Institute of Nanoscience at the Delft University of Technology* din Olanda sunt primii care au demonstrat cuplarea optomecanică între un resonator mecanic şi o cavitate de microunde supraconductoare. Dispozitivele realizate din "tambure" de grafen rezonatoare ar putea fi utilizate ca şi amplificatoare de microunde şi cipuri de memorie în calculatoarele cuantice. Gary Steele şi colegii săi au creat tamburul lor plasând un multistrat de grafen peste un orificiu cu diametrul de 4 μm într-un cip de siliciu. Tamburul este adiacent la o cavitate de microunde supraconductoare care a fost creată prin depozitarea unui aliaj metalic pe un cip, iar fotonii de microunde sunt capabili să se mişte între cele două structuri. (Mai multe detalii privind cercetarea în *Nature Nanotechnology*)

Vizualizarea electronilor heliului care interacţionează

Un grup internaţional de cercetători a observat pentru prima dată "corelarea electronilor" în atomul de heliu. Utilizând microscopia de fotoionizare, tehnică dezvoltată de grup în 2002, cercetătorii au trecut recent la atomul de heliu. Grupul a găsit, de asemenea, că este capabil să regleze corelaţiile acestor electroni după plac. Existenţa a exact doi electroni în heliu permite fizicienilor care au un laborator performant să testeze "corelaţiile electronilor", care au loc atunci când proprietăţile electronilor sunt influenţate de interacţiunile lor cu alţi electroni. Acest lucru este important, deoarece electronii în majoritatea materialelor, cum sunt semiconductorii, interacţionează aşa de puternic unul cu altul, încât este imposibil de a prezice proprietăţile lor prin simpla studiere a comportării electronilor individuali. (Cercetarea este publicată în *Phys. Rev. Lett.*)

Noi structuri fractal-fagure

Recent, oameni de ştiinţă din SUA, Regatul Unit şi Franţa au combinat reţele tip fagure şi structuri fractale, care se găsesc într-un număr de materiale biologice, pentru a crea un material rezistent şi uşor ca greutate, care ar putea fi utilizat într-un domeniu larg de aplicaţii de la aerospaţiale la medicină. În timp ce structurile au fost realizate cu celule unitate de ordinul centimetrilor, grupul crede că materiale similare ar putea fi realizate la scară nanometrică cu nanotuburi de carbon. Figurile de fagure hexagonal se găsesc frecvent în natură, unde rezistenţa, rigiditatea şi greutatea mică le fac căutate. Ashkan Vaziri şi colegii de la *Northeastern University*, împreună cu cercetători de la *University of Oxford* şi *Université de Lyon* au arătat că structurile asemănătoare fractalilor bazate pe structurile fagure de miere sunt mai rezistente la deformare decât materialele fagure de miere convenţionale. (Structurile sunt descrise în *Phys. Rev. Lett.*)

Material ceramic nanostructurat

Cercetători de la *California Institute of Technology* au descoperit un material ceramic nanostructurat care nu se rupe când este deformat. Noul material încorporează o schelărie de nanotuburi, care îi dau o densitate extrem de joasă şi o rezistenţă foarte mare. Julia Greer şi colegii au creat materi-

alul prin aranjarea nanotuburilor de alumină cu diametre de circa un micron într-o structură de rețea de mănunchi. Acest aranjament familiar, în cruciș, este larg utilizat în construcții și alte structuri mari. (Structurile sunt descrise în *Science*)

Spinii nucleari controlează curenții electrici

Un grup internațional de fizicieni a demonstrat că informația stocată în spinii nucleari ai izotopilor hidrogenului într-un LED organic poate fi citită prin măsurarea curenților electrici care trec prin dispozitiv. Spre deosebire de schemele anterioare care lucrează numai la temperaturi ultrareci, acesta este primul care operează la temperatura camerei și, deci, ar putea fi utilizat pentru a crea dispozitive de memorie extrem de dense și cu eficiență energetică ridicată. Semiconductoarele organice sunt filme subțiri organice plasate între doi conductori și ele promit să fie mult mai eficiente energetic comparativ cu semiconductoarele de siliciu. (Cercetarea este descrisă în *Science*)

"Simetria de spin" nucleară a stronțiului

Un grup internațional de cercetători a realizat o nouă măsurătoare utilizând cel mai precis ceas din lume, arătând că spinii cuantici ai nucleelor atomice pot contribui la determinarea intensității ciocnirilor atomice. Acest fenomen apare datorită unui tip particular de "simetrie de spin" a spinilor nucleari, prima dovadă directă fiind acum obținută. Rezultatul ar putea ajuta cercetătorii să înțeleagă mai bine fenomenele, cum ar fi supraconductibilitatea și magnetismul cuantic. (Lucrarea a fost publicată în *Science*)

Structura nucleului de carbon

Fizicieni din Regatul Unit, Mexic și SUA au obținut o nouă dovadă importantă arătând că structura nucleului de carbon-12, fără care n-ar exista viață pe Pământ, se reasamblează sub formă de triunghi echilateral. Ei au realizat acest lucru prin măsurarea unei noi stări rotaționale rapide de spin a nucleului. Noua dovadă sugerează că "starea Hoyle" a carbonului-12, care joacă un rol important la crearea carbonului în stelele gigante roșii, are, de asemenea, aceeași formă. În contrast, recentele previziuni teoretice au sugerat că starea Hoyle este mult mai asemănătoare unui triunghi obtuz. Tot carbonul din Univers este creat în stelele gigantice roșii prin fuziunea a două particule alfa (heliu cu 4 nuclee), rezultând un nucleu de beriliu-8 de viață scurtă, care apoi captează o a treia particulă alfa pentru a forma carbon-12. Dar această reacție rezulta că are loc mult prea încet pentru a explica abundența carbonului în Univers. Astfel că, în 1954, astronomul britanic Fred Hoyle a prezis că carbonul-12 are o stare excitată necunoscută până atunci – numită acum "starea Hoyle" – care mărește rata de producere a carbonului-12. Trei ani mai târziu "starea Hoyle" a fost confirmată experimental de către fizicieni. (Cercetarea este descrisă în *Phys. Rev. Lett.*)

Plasmonii excită purtătorii fierbinți

Cercetători din SUA au prezentat prima teorie completă a modului în care plasmonii produc "purtători fierbinți". Noul model ar putea contribui ca acest proces să producă purtători mai eficient, ceea ce ar putea îmbunătăți conversia energiei solare în dispozitivele fotovoltaice, s-ar realiza fotocatalizatori mai buni, precum și pentru aplicații privind disocierea apei în vederea producerii de hidrogen, și multe altele. Plasmonii sunt oscilații colective cuantificate ale electronilor de conducție pe suprafața nanostructurilor metalice, care interacționează puternic cu lumina. O astfel de interacțiune intensificată le permite să concentreze lumina în volume sub lungimea de undă, mult mai jos decât limita de difracție a luminii. Plasmonii de suprafață au timp de viață scurt, după care ei, fie se dezintegrează radiativ prin emiterea unui foton, fie ne-radiativ prin generarea unor perechi electron-gaură (purtători de sarcină). În cazul ne-radiativ, se produc purtători de sarcină fierbinți. Acești purtători sunt electroni și găuri care au fost excitați de către fotoni cu energii înalte. (Rezultatele sunt publicate în *ACS Nano*)

Suprafață superhidrofobică

Un grup internațional de cercetători (*Nanjing University* în China și *University of Texas at Austin*, SUA) a sintetizat un film subțire superhidrofobic care poate fi depus pe orice substrat. Materialul, produs utilizând o matrice de hidrogel nanostructurat 3D, este rezistent, foarte flexibil și transparent optic. El ar putea fi utilizat ca îmbrăcăminte impermeabilă în aplicații, cum ar fi ferestrele cu autocurățire, suprafețe murdare, precum și ca filtru și burete pentru a separa uleiul de apă după deversări de ulei industrial. Suprafețele superhidrofobice resping eficient apa într-un fenomen ce este cunoscut ca "efectul lotus". Grupul a realizat un nou tip de suprafață superhidrofobică prin comprimarea unei nanostructuri de siliciu 3D replicate dintr-un șablon de hidrogel. Rezultatul constă din nanofibre 3D interconectate cu diametre uniforme de circa 100 nm. Nanofibrele captează picăturile de apă care cad pe ele din aer, creând o suprafață care respinge apa. (Cercetarea este publicată în *Nano Letters*)

Despre stocarea dioxidului de carbon sub pământ

Geofizicianul James Verdon de la *University of Bristol*, Regatul Unit a ajuns la concluzia, în urma studierii a 11 cazuri de locații de injecție a apei uzate din SUA, că strategiile pentru reducerea riscurilor de stocare a dioxidului de carbon adânc sub pământ pot fi dezvoltate prin studierea activității seismice asociate cu dispunerea apei uzate în industria uleiurilor și gazelor. El a dedus că cutremurele de pământ mici cauzate de dispunerea apei au loc în majoritatea cazurilor în roca de mai jos, decât unde este stocată apa și nu deasupra ei, ceea ce este promițător pentru cei ce vor să capteze dioxid de carbon și să-l stocheze sub pământ. Deoarece societatea depune eforturi pentru a reduce emisiile globale de gaze de seră, un număr de oameni de știință consideră că va fi necesară captarea și stocarea carbonului pentru a opri schimbarea climei. Captarea și stocarea carbonului include injectarea dioxidului de carbon în formațiile de rocă adânc sub pământ. Dar există multe îngrijorări privind captarea și stocarea carbonului, una dintre ele este aceea că procesul ar putea declanșa cutremure de pământ, care pot produce rupturi în rocă ceea ce ar permite gazului să fie eliberat din nou. (Cercetarea este descrisă în *Environmental Research Letters*)

O nouă corecție la viteza luminii

Conform calculelor lui James Franson de la *University of Maryland, Baltimore County*, efectul gravitației asupra perechilor electron-pozitron care se propagă prin spațiu ar conduce la o violare a principiului echivalenței lui Einstein. În timp ce efectul este prea mic pentru a fi măsurat direct utilizând tehnicile experimentale curente, el ar putea explica o anomalie

curioasă observată în timpul faimoasei supernove SN1987 din 1987. În fizica teoretică modernă, trei din patru forțe fundamentale – electromagnetism, forța nucleară slabă și forța nucleară puternică – sunt descrise de către mecanica cuantică. A patra forță, gravitația, nu are deocamdată o formulare cuantică și este cel mai bine descrisă de către teoria generală a relativității a lui Einstein. Reconcilierea relativității cu mecanica cuantică este unul dintre domeniile importante și active ale fizicii. O problemă deschisă pentru fizicienii teoreticieni este modul în care gravitația acționează asupra unui obiect cuantic, cum ar fi fotonul. Observațiile astronomice au arătat în mod repetat că lumina este atrasă de către un câmp gravitațional. În mod tradițional, acest lucru este descris utilizând relativitatea generală: câmpul gravitațional deformează spațiul-timp și lumina este ușor încetinită (sau ușor deviată) pe măsură ce trece prin regiunea curbată. În electrodinamica cuantică, un foton care se propagă prin spațiu se poate anihila ocazional cu el însuși, creând o pereche virtuală electron-pozitron. Imediat, electronul și pozitronul se recombină pentru a crea un foton. Dacă ei sunt atunci într-un potențial gravitațional, pentru timpul scurt în care ei există sub formă de particule cu masă, ei simt efectul gravitației. Când se recombină, vor crea un foton cu o energie care este ușor deplasată și ei călătoresc ușor mai încet decât dacă ei n-ar fi fost în potențialul gravitațional. (Cercetarea este publicată în *New Journal of Physics*)

Metodă de autoasamblare
pentru amplificarea energiei solare

Cercetători din SUA de la *Lawrence Berkeley National Lab., Pacific Northwest National Lab., University of California, Berkeley* și *Arizona State University* au utilizat o metodă de autoasamblare bazată pe viruși și ADN pentru a fixa aproape 200 de molecule fluorescente într-un spațiu de câțiva nanometri a unei nanoparticule mici de aur. Această precizie de fixare a moleculelor amplifică fluorescența lor la ieșire și metoda ar putea avea aplicații în procesarea informației și tehnologiile senzorilor și energiei. Electronii dintr-o nanoparticulă suferă influența oscilațiilor colective cunoscute ca rezonanța plasmonilor de suprafață atunci când sunt expuși luminii de o anumită frecvență. Nanoparticula devine astfel o antenă minusculă, concentrând lumina într-un spațiu de câțiva nanometri ai suprafeței nanoparticulei. Dacă în această regiune este plasată o moleculă fluorescentă (fluorofor), cantitatea de lumină captată de moleculă poate fi amplificată semnificativ. Pentru mai mulți fluorofori, procesul devine chiar mai intens. (Cercetarea este descrisă în *ACS Nano*)

Tranzistori comutați cu un singur foton

Două grupuri independente de fizicieni din Germania au creat primii tranzistori optici de putere care pot fi comutați utilizând un singur foton. Bazați pe gaze atomice ultrareci, dispozitivele fac uz de "blocajul Rydberg", prin care crearea unui atom într-o stare înalt excitată are un efect uriaș asupra abilității gazului înconjurător de a transmite lumina. Cercetarea ar putea conduce la dezvoltarea unor circuite logice complet optice care ar putea opera mult mai rapid decât electronica convențională. Tranzistorii și-ar putea, de asemenea, găsi utilizare în sistemele de informații bazate pe fotoni în viitor. Sistemele de comunicații și de calcul care folosesc exclusiv lumina pentru a transmite și a procesa informația au potențialul de a fi mai rapide și mult mai eficiente energetic decât cele ce utilizează semnale electronice. În timp ce comunicațiile prin fibră optică sunt deja larg răspândite, comutarea și procesarea datelor optic codate este în mod uzual făcută prin convertirea pulsurilor luminoase într-un semnal electronic, care poate fi apoi ușor procesat. Semnalul electronic este apoi convertit înapoi într-un puls luminos. (Detalii asupra experimentelor în *Phys. Rev. Lett.*)

Momentul magnetic al protonului

Un grup internațional de fizicieni a efectuat cea mai precisă măsurătoare realizată vreodată privind momentul magnetic al protonului. Noul rezultat, combinat cu o măsurătoare similară planificată pentru sosia protonului, antiprotonul, ar putea contribui la explicarea unuia dintre cele mai adânci mistere ale fizicii, de ce materia Universului pare a depăși cu mult antimateria. Fiecare particulă fundamentală are o antiparticulă aproape identică cu sarcină electrică de semn opus. Teoriile care guvernează fizica indică faptul că particulele și antiparticulele au fost create în mod egal în timpul Big Bang-ului și s-ar fi putut anihila una pe alta cu mult timp înainte. Dar, totuși, Universul este plin de materie și lipsește antimateria, sugerând că o diferență nedetectată ar putea exista între cele două. (Cercetarea este publicată în *Nature*)

Forma nanoparticulelor în lupta cu cancerul

Forma unei nanoparticule este importantă pentru modul ușor în care ea penetrează într-o tumoare, cu tije și cuburi scobite intrând mult mai ușor decât discuri și sfere. Acest nou rezultat al cercetătorilor de la *Georgia Institute of Technology* și *Washington University Medical School* din SUA ar putea conduce la o diagnosticare și terapie mai bune ale cancerului bazate pe nanoparticule. Medicamentele și markerii pentru cancer pot fi introduse în celulele tumorale prin încapsularea produselor farmaceutice în nanoparticule minuscule de circa 100 nm. Ideea este de a îmbrăca nanoparticula cu molecule ce au o afinitate pentru tumoarea țintă. Numai după ce nanoparticula intră în tumoare încărcătura farmaceutică este eliberată, ceea ce minimizează efectele de margine și amplifică precizia markerului. Eficacitatea acestui proces depinde de o varietate de factori și unul dintre cei mai critici este forma structurii. Este, deci, important să se înțeleagă care este cea mai bună formă a nanoparticulei, dar astfel de studii sunt complicate din cauză că este dificil să se urmărească mișcarea nanostructurilor în corp. (Cercetarea este descrisă în *ACS Nano*)

Capcane optice realizate pe un cip

Cercetători din SUA au creat aranjamente de trape optice care pot prinde obiecte minuscule cu precizie nanometrică. Aceste trape, construite pe un cip, sunt alimentate de un singur laser și sunt mult mai mici, mai stabile și mai eficiente energetic decât trapele optice convenționale. Trapele pot fi construite într-un timp scurt și nu necesită un nivel ridicat de experiență pentru operator. Realizatorii afirmă că ele ar putea deveni un instrument folositor pentru studii complexe ale moleculelor biologice mari cum ar fi ADN. Trapele optice (sau pensete optice) utilizează lumina laser pentru a manipula obiecte care sunt mici și delicate de felul unei șuvițe de ADN. (Detalii în *Nature Nanotechnology*)

Focalizarea luminii în grafen

Cercetători din Spania și Argentina au demostrat un mod simplu de a crea și controla polaritonii de plasmon de suprafață (PPS). PPS sunt cuasiparticule care sunt un hibrid de lumină și electroni, iar noua tehnică include utilizarea unor antene simple de aur pentru a canaliza energia luminoasă în interiorul materialului. Cercetarea ar putea conduce la dezvoltarea de noi dispozitive electronice care utilizează lumina. PPS sunt cuasiparticule care sunt oscilații combinate de fotoni și purtători de sarcină mobili, cum ar fi electronii. Deși aceste cuasiparticule pot fi excitate în metale, ele se propagă mult mai departe în grafen, astfel că diferite grupuri de cercetători studiază potențialul plasmonilor grafenului ca și o interfață între circuitele și dispozitivele optice și electronice. Un beneficiu important al PPS este acela că lungimile lor de undă sunt mult mai scurte decât ale luminii vizibile, ceea ce înseamnă că dispozitivele bazate pe PPS pot fi realizate mult mai mici decât cele bazate pe lumină. (Cercetarea este publicată în *Science*)

Celulă de combustibil microbiană care utilizează saliva

Cercetători din Arabia Saudită (*King Abdullah University of Science and Technology*) și SUA (*Pennsylvania State University*) au creat o celulă de combustibil microbiană de dimensiuni micronice care conține multistraturi de grafen și lucrează cu salivă sau alte lichide uzate. Dispozitivul, care este capabil să producă aproape 1 μW de putere, ar putea fi utilizat în unele aplicații bioelectronice. Celulele de combustibil microbiene fac parte din tehnologia de viitor care se bazează pe bacterii pentru a genera electricitate din lucruri neutilizabile. Bacteriile în dispozitiv descompun materia organică și acest proces emite electroni ce pot fi colectați pe un anod. Electronii trec apoi printr-un circuit extern la catod pentru a produce curent electric. Celulele de combustibil microbiene de dimensiuni micronice conțin uzual două camere în care catodul și anodul sunt separați de o membrană semipermeabilă. Dispozitivul nou creat utilizează foiță de grafen multistrat ca anod și cauciuc pentru a realiza celula de combustibil și un catod de aer, care este o premieră pentru astfel de celule. (Cercetarea este descrisă în *NPG Asia Materials*)

Lumina controlează domeniile feromagnetice

Un grup internațional de cercetători a realizat o varietate de materiale magnetice care pot fi controlate utilizând lumina polarizată. Descoperirea neașteptată și departe de a fi explicată arată că fenomenul optic, care s-a crezut anterior că este posibil doar în ferimagneți, este mult mai general. Descoperirea ar putea avea un impact major asupra stocării datelor, deoarece fenomenul ar putea permite biților magnetici să fie comutați rapid de către pulsuri optice în dispozitivele hard. (Cercetarea este descrisă în *Science*)

Sunetul și inducția electromagnetică în tehnica medicală

Cercetători din Franța afirmă că forța Lorentz combinată cu unde acustice transversale pot ajuta doctorii să detecteze bolile periculoase. Grupul a demonstrat că forța electromagnetică a putut crea oscilații în țesutul viu, producând unde transversale ce pot fi detectate pentru a releva elasticitatea țesutului. Tehnica a avut succes în laborator și acum ar putea fi dezvoltată ca tehnică clinică. (Cercetarea este publicată în *Phys. Rev. Lett.*)

Donație

Curierul de Fizică în forma tipărită reprezintă un punct de reper important în viața foștilor salariați ai IFA; ca gest de susținere și apreciere, doamna dr. chim. Mioara Constantinescu a donat suma de 100 lei. Pe această cale, membrii Redacției CdF țin să îi mulțumească pentru efortul financiar.

La închiderea ediţiei CdF numărul 78 (decembrie 2014) – numărul de față – are data de închidere a ediției la 6 decembrie 2014. Numărul anterior, 77 (septembrie 2014), a fost tipărit între 2 și 3 octombrie 2014. Pachetele cu revista au fost trimise difuzorilor voluntari ai FHH și SRF pe data de 9 octombrie 2014.
Numărul următor este programat pentru luna aprilie 2015.

EDITURA HORIA HULUBEI ***Editură nonprofit încorporată Fundației Horia Hulubei.***
Fundația Horia Hulubei este organizație neguvernamentală, nonprofit și nonadvocacy,
înființată în 4 septembrie 1992 și persoană juridică din 14 martie 1994. Codul fiscal 9164783 din 17 februarie 1997.
Cont la BANCPOST, sucursala Măgurele, nr. RO20BPOS70903295827ROL01 în lei,
nr. RO84BPOS70903295827EUR01 în EURO și nr. RO31BPOS70903295827USD01 în USD.

Contribuțiile băneşti și donațiile pot fi trimise prin mandat poștal pentru BANCPOST la contul menționat, cu precizarea titularului: Fundația Horia Hulubei.

CURIERUL DE FIZICĂ ISSN 1221-7794

Comitetul director: Redactorul șef al CdF și Secretarul general al Societății Române de Fizică
Membri fondatori: Suzana Holan, Fazakas Antal Bela, Mircea Oncescu
Redacția: Dan Radu Grigore – redactor șef, Mircea Morariu, Corina Anca Simion
Macheta grafică şi tehnoredactarea: Adrian Socolov, Bogdan Popovici
Au mai făcut parte din Redacție: Sanda Enescu, Marius Bârsan
Imprimat la IFIN-HH
Apare de la 15 iunie 1990, cu 2 sau 3 numere pe an.
Adresa redacției: Curierul de Fizică, C.P. MG-6, 077125 Bucureşti-Măgurele.
Tel. 021 404 2300 interior 3416. Fax 021 423 2311, **E-mail:** grigore@theory.nipne.ro
INTERNET: **www.fhh.org.ro**
Distribuirea de către redacția CdF cu ajutorul unei rețele de difuzori voluntari ai FHH, SRF și SRRp.
La solicitare se trimite gratuit bibliotecilor unităților de cercetare și învățământ cu inventarul principal în domeniile științelor exacte.
Datorită donației de 2% din impozitul pe venit, **contribuția bănească pentru un exemplar este 1 leu.**